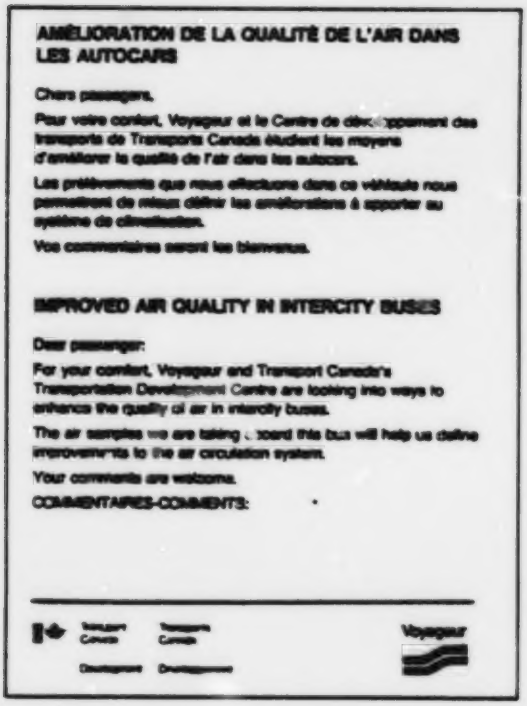
Transports Canada
Transport Canada

Développement
Development

TP 7008F

Amélioration de la qualité de l'air dans les autocars
Étude exploratoire



AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

Chers passagers,

Pour votre confort, Voyageur et le Centre de développement des transports de Transports Canada étudient les moyens d'améliorer la qualité de l'air dans les autocars.

Les prélèvements que nous effectuons dans ce véhicule nous permettront de mieux définir les améliorations à apporter au système de climatisation.

Vos commentaires seront les bienvenus.

IMPROVED AIR QUALITY IN INTERCITY BUSES

Dear passenger:

For your comfort, Voyageur and Transport Canada's Transportation Development Centre are looking into ways to enhance the quality of air in intercity buses.

The air samples we are taking aboard this bus will help us define improvements to the air circulation system.

Your comments are welcome.

COMMENTAIRES-COMMENTS:

Voyageur

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
JAN 24 1986
Transport Canada / Transports Canada

Préparé pour le
Centre de développement
des transports

Transports Canada

NOVEMBRE 1985

Canada

TP 7008F

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

Étude exploratoire

(an english summary of this report follows the table of contents)

par

Jacques Vuille, ing.
COSIGMA INC.

avec la collaboration de
Benoit Barrette et Manon Bolduc
stagiaires au CDT, étudiants en mécanique à
l'université de Sherbrooke

novembre 1985

Préparé pour le Centre de développement des transports
Transports Canada

Avertissement:

Le contenu du présent rapport ne reflète que les opinions des auteurs et ne saurait en aucun cas engager les politiques et positions officielles du Centre de développement des transports, Transports Canada.

ÉQUIPE DE RECHERCHE

L'équipe de recherche était composée des auteurs mentionnés. Elle a été assistée par un comité directeur formé de:

Catherine Hirou, ing., agente de développement au CDT,
Sylvain Langis, directeur Affaires publiques, Voyageur Inc.,
Douglas Whitehead, chef, division Application de la technologie CDT.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier pour leurs conseils et leur aide:

- Le comité directeur du projet;
- Dr. S. Winthrop, Santé et Bien-Etre Canada;
- Alain Lajoie, IRRST;
- Deguise Pilon, Environnement Canada (prêt de matériel de mesure);
- Gaétan Charette, DSC Hôpital général de Montréal (idem);
- Robert Emond, Jean-Talon Electronique;
- Jean-Marc Larin, Biotech.;
- Professeur Raynald Loiselle, Ecole Polytechnique de Montréal;
- André Cadorette et son équipe du Centre d'entretien Voyageur Inc.

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP7008F	6369	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Amélioration de la qualité de l'air dans les autocars - Etude exploratoire	août 1985
	6. N° du rapport de l'organisme executant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Jacques Vuille	D1465-428 D1465-451-4

9. Nom et adresse de l'organisme executant	10. N° de dossier — ASC
Cosigma Inc. 1130 o., rue Sherbrooke Montréal, Québec H3A 2R5	14SD.T8200-4-4549/2
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada
	OSD84-00239

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 200 o., boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal, Québec H2Z 1X4	Rapport final Mars - nov. 85
	14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
	C. Hirou

17. Resume

Cette recherche est une première réponse aux demandes d'appui de l'industrie de l'autocar, qui désire accroître le bien-être de ses passagers. Au problème créé par la fumée de cigarette, la recherche a greffé la question plus générale de la qualité de l'air dans l'autocar. Un échantillonnage de l'air a été prélevé au cours de 17 voyages de deux heures. La concentration de poussière observée varie entre 200 et 700 mcg/m^3, par rapport à la valeur observée dans un bureau (100 à 500 mcg/m^3). Les résultats ne sont pourtant pas critiques. La composition chimique de l'air a aussi été observée: traces acceptables de monoxyde de carbone (CO); aucune présence significative d'anhydride sulfureux; aucune trace d'ozone (O^3); concentration de gaz carbonique comprise entre 1 000 et 1 900 ppm (0,1 à 0,2%). Une telle présence de CO est un indice du déséquilibre de composition de l'air: surconcentration de gaz polluants et proportion insuffisante d'oxygène. La seule solution pour corriger cette situation est d'accroître le volume d'air frais dans la ventilation, actuellement de 20%; ceci paraît une priorité. Il est possible de doubler la proportion d'air frais admis, à part seulement quelques journées par an, sans devoir accroître la qualité des systèmes de chauffage et de réfrigération. L'élimination efficace des poussières et de la fumée de tabac n'est possible pratiquement que par une filtration électrostatique avec captation à introduire dans le système de ventilation.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Autocar, autobus, qualité de l'air, ventilation, climatisation, gaz, poussières, pollution	Le CDT dispose d'un nombre limité de copies.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
		77	

REPORT DOCUMENTATION FORM

1 Transport Canada Report No.	2 TDC Project No.	3 Recipient's Catalogue No.
TP7008F	6369	

4 Title and Subtitle	5 Report Date
Amélioration de la qualité de l'air dans les autocars - Etude exploratoire	August 1985
	6 Performing Organization Report No.

7 Author(s)	8 Transport Canada File No.
Jacques Vuille	D1465-428 D1465-451-4

9 Performing Organization Name and Address	10 DSS File No.
Cosigma Inc. 1130 Sherbrooke St. West Montreal, Quebec H3A 2R5	14SD.T8200-4-4549/2
	11 DSS or Transport Canada Contract No.
	OSD84-00239

12 Sponsoring Agency Name and Address	13 Type of Report and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) 200 Dorchester Blvd. West Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	Final Report March - nov. 85
	14 Sponsoring Agency Code

15 Supplementary Notes	16 TDC Project Officer
	C. Hirou

17 Abstract

This investigative research project was undertaken in response to requests from bus operators wishing to improve the quality of bus environment for passengers; general air quality as well as the cigarette smoke problem were studied. Air samples were taken during 17 two-hour trips. The dust concentration observed varied between 200 and 700 mcg/m^3, compared to the concentration normally found in an office: 100 to 500 mcg/m^3. The results are not, however, critical. The following chemical components were also observed in the air: acceptable traces of carbon monoxide (CO); no significant presence of sulphur dioxide; no trace of ozone (O^3); and a concentration of carbon dioxide (CO_2) between 1000 and 1900 ppm (0.1% to 0.2%), indicating excessive gas pollutants and insufficient oxygen. The recommended solution to this problem is increasing the volume of fresh air in the ventilation system, which currently stands at 20%. This is considered a priority. Except for a few days per year, fresh air intake can be doubled without increasing the capacity of the heating and refrigeration systems. The efficient elimination of dusts and tobacco smoke is possible only through electrostatic filtration with dust collection capability in the ventilation system.

18 Key Words	19 Distribution Statement
Intercitybus, coach, air quality, heating, ventilation, refrigerating, gaz, particles air pollution	Limited number of copies available at TDC

20 Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No. of Pages	23 Price
unclassified	unclassified	77	

TDC CDT 79-005

SOMMAIRE

La qualité de l'air dans les autocars est un des rares objets auxquels les fabricants de véhicules n'ont pas touché récemment de façon fondamentale. Il est pourtant un élément de confort important, se répercutant sur la satisfaction de la clientèle. Le design de la climatisation est standard, quels que soient les divers modèles et marques d'autocars. La climatisation garantit une température intérieure confortable, quelles que soient les pointes de la température extérieure. La cabine d'un autocar est hermétique et le confort des passagers dépend entièrement du bon fonctionnement de la climatisation et de la ventilation; cette dernière est puissante puisqu'avec un débit de 2 750 cfm (78 m3/s) elle recircule plus d'une fois par minute l'air intérieur de l'autocar (environ 65 m3). Cette ventilation si généreuse n'est pourtant pas parfaite puisqu'en réalité, seul 20% du débit provient d'air frais extérieur, conditionné avec le reste du flux.

La compagnie Voyageur Inc., transporteur exploitant au delà de 350 véhicules, cherche depuis plusieurs années des améliorations à la qualité de l'air dans ses véhicules, ce notamment pour satisfaire la partie de sa clientèle dérangée par la "fumée des autres"; malgré la séparation de rangs fumeurs et non-fumeurs, c'est très lentement que la fumée peut disparaître, étant recirculée dans sa majorité par la ventilation qui diffuse dans toute la cabine. A certaines occasions aussi, les odeurs corporelles émanant du groupe humain rassemblé en si peu de volume, peuvent être perçues comme désagréables.

Le C.D.T. dans le cadre de son axe de recherche sur l'amélioration de l'autocar conventionnel profita de la demande d'appui de Voyageur pour effectuer la présente étude exploratoire. Le mandat dépasse aussi le seul problème de l'élimination de la fumée pour évaluer de façon plus générale la qualité de l'air dans l'autocar.

Une première partie de l'étude fait l'inventaire des diverses formes perceptibles de pollution de l'air intérieur de l'autocar; la fumée de tabac apparaît comme une composante prédominante qui introduit dans l'air des éléments solides, poussières en majorité respirables et nuisibles, et des constituants gazeux; la fumée comprend également des aérosols, soit des composés solides transportés par de fines goutellettes d'eau; ce sont ces derniers éléments qui sont porteurs de la mauvaise odeur de la fumée. Une description approfondie des systèmes de ventilation pour les trois types d'autocar MCI, Prévost et Eagle a été faite pour en saisir le fonctionnement intégré.

Le souci de mesurer la qualité de l'air ambiant de l'autocar a nécessité comme préalable l'établissement d'une base de référence pour l'air propre, qui constitue une partie importante du présent rapport. En absence de normes sur la qualité de l'air intérieur de l'autocar, on se base sur celles en vigueur dans la Loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique et sur diverses sources traitant de la qualité de l'air intérieur. La distinction est faite entre le contenu solide (particules ou poussières) et le mélange gazeux.

Une campagne de mesures a été menée sur diverses caractéristiques de l'air. Lors de dix-sept (17) voyages de 2 heures entre Montréal et Ottawa, l'air a été échantillonné; 12 voyages eurent lieu à bord d'autocars MCI, 5 à bord de Prévost Marathon XL; pour presque tous les voyages l'autocar était plein. On savait d'avance n'être pas dans la situation d'un air très pollué, comme en milieu industriel; on a utilisé une instrumentation simple et transportable; on ne cherchait pas des résultats précis, mais des ordres de grandeur. L'opérateur effectuant les mesures à bord des autocars distribua un feuillet explicatif, et recueillit les commentaires des passagers.

Afin de mesurer la concentration des poussières, nous nous sommes servi d'une pompe à volume constant (Gilian) faisant passer un volume connu d'air à travers une capsule filtre, qui fut pesée avant et après; la concentration trouvée de poussières mène aux commentaires et conlusions suivantes:

- l'instrument ne capte que les poussières de diamètre supérieur à 0,8 microns;
- ainsi la majorité de particules respirables, inférieures à 10 microns, nous ont échappé, dont la majorité de la fumée de cigarette en particulier;
- seules 12 mesures sur 17 donnent des résultats interprétables (les autres sont non significatifs);
- nous avons trouvé des concentrations de poussières variant entre 200 et 700 mcg/m3 environ;
- ces valeurs correspondent à ce que l'on peut retrouver habituellement dans l'air intérieur (100-500 mcg/m3) d'un édifice à bureaux;
- la norme canadienne acceptable (24 h) pour l'air extérieur est de 120 mcg/m3;
- les valeurs trouvées ne sont de loin pas critiques;
- même si nos mesures ont réussi à mettre en évidence, pour quelques voyages, la présence de poussières, les concentrations trouvées ne nous permettent pas de justifier la recommandation d'une filtration.

Nous avons également voulu vérifier la composition chimique de l'air relativement aux principaux polluants que l'on peut éventuellement y trouver. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode des tubes réactifs (Drager); nous savions que cette méthode ne nous fournirait que des ordres de grandeur dont nous nous sommes contenté. Les mesures furent prises également sur 17 voyages; lorsqu'elles donnaient manifestement des résultats négatifs, les mesures de certains gaz furent abandonnées en cours de campagne. Les mesures de gaz donnent les résultats suivants:

- pour le monoxyde de carbone (CO), présence en traces de ce gaz, inférieure au seuil maximum désirable (5 ppm) de concentration (loi sur la pollution atmosphérique): aucune inquiétude;
- pour l'anhydride sulfureux (SO2), aucune trace mesurable de ce gaz à une sensibilité de 0,1 ppm, alors que le seuil acceptable est de 0,06 à 0,12 ppm pour 24 h (loi sur la pollution atmosphérique): aucune inquiétude;

- pour l'ozone (O3) , aucune trace mesurable de ce gaz à une sensibilité de 0,05 ppm, même dans les véhicules Prévost munis d'ozonateur: ces appareils fonctionnent bien et un excédent d'ozone n'existe pour aucun voyage: aucune inquiétude;
- pour le dioxyde de carbone, ou gaz carbonique (CO2), le seuil de sensibilité de notre équipement était à 1 000 ppm. Pour tous les voyages nous avons pu constater l'existence de ce gaz et ce dans des concentrations variant entre 1 000 et 1 900 ppm (0,1 à 0,2%). Ce gaz n'est pas toxique. Pourtant sa présence dans la moitié des voyages à 1 500 ppm ou plus, est un indice d'un déséquilibre dans la répartition habituelle des gaz de l'air; la concentration maximale de CO2 que l'on peut trouver dans l'air frais est de 600 ppm; observer une concentration de CO2 supérieure à 1 000 ppm dénote un apport d'air frais insuffisant, un apauvrissement de l'air en oxygène; alors même que les normes de l'ASHRAE admettent à l'intérieur un maximum de 2 500 ppm, des observations en milieu de travail (Ontario) ont nettement lié des plaintes générales sur la qualité de l'air à une concentration de CO2 excédant 1 000 ppm. La découverte de cette concentration importante de CO2 est certainement un facteur explicatif à un certain état d'inconfort, au sentiment d'être mal à l'aise ou encore aux maux de tête expérimentés un jour par n'importe quel passager d'autocar.

Constater un éventuel déficit d'oxygène appelle évidemment correction; c'est ici que prend corps une idée maîtresse de cette étude: alors qu'aucun filtre ne peut corriger une surconcentration gazeuse, il faut à tout prix augmenter la partie d'air frais qui est injectée dans la ventilation, afin:

- de diluer les gaz polluants,
- de rétablir un niveau acceptable d'oxygène, essentiel à la respiration et au bien-être des passagers.

Même si nos mesures n'ont pas mis en évidence un excès de poussières, le problème irréfutable de l'élimination de la fumée de tabac nous a mené à passer en revue les divers systèmes de purification et filtration disponibles. Au niveau du principe il ressort que seul un système électrostatique a la capacité de traiter les particules les plus fines, solides comme aérosols: ces éléments sont justement les constitutifs les plus gênants de la fumée de tabac. Autre aspect important de la purification qui peut paraître banal: il est essentiel de capter et retenir les particules; il semble dès lors adéquat de choisir un système à filtre en fibre de verre jetable lorsque sale, plutôt qu'un système à plaques, qui devra être nettoyé périodiquement. Les purificateurs Elcar 100 équipant 20 autocars Marathon XL devraient être retirés du service, car ces machines, qui n'ont aucune captation de poussière, contribuent à l'incrustation de la poussière ambiante dans l'autocar, les sièges notamment.

Parallèlement à une éventuelle filtration, l'accroissement du volume d'air frais est apparu comme une priorité. Il a été vérifié qu'à part quelques journées exceptionnelles dans l'année, les groupes chauffage et réfrigération pouvaient chacun facilement supporter le doublement de la part d'air frais injectée dans la ventilation, passant ainsi de 20 à 40%.

L'effet de dilution des polluants et l'enrichissement en oxygène serait immédiatement réalisables.

Les résultats de cette étude exploratoire confirment les propositions formulées à Voyageur par le CRIQ (Centre de recherche industrielle du Québec), déjà saisi du problème en 1984. Concernant l'accroissement du débit d'air frais, une certaine base scientifique est donnée (l'indice CO2). Les nouveautés technologiques apparues sur le marché laissent croire que la filtration pourrait être réalisée à moindre coût (équipement et installation) que prévu. Il est proposé qu'un véhicule expérimental soit modifié pour accroître ses prises d'air frais et l'évacuation d'air vicié; le même véhicule serait aussi équipé d'un système de filtration électrostatique. Ce véhicule devrait être mis en service commercial pour en vérifier les performances. Selon les résultats, les autres autocars de la flotte Voyageur, et de tout autre compagnie intéressée, pourraient aussi recevoir les transformations.

Cette étude débouche enfin vers un volet à moyen terme: il s'agit de lancer une nouvelle voie de recherche sur l'aérodynamique intérieure des véhicules; il serait en effet du plus haut intérêt de connaître comment l'air circule à l'intérieur de l'autocar, de savoir s'il se répartit également partout, et quels correctifs apporter au besoin.

SUMMARY

Air quality in buses is one of the few issues that vehicle manufacturers have not dealt with recently in any fundamental way. It is, however, a significant factor in terms of passenger comfort and satisfaction.

Bus air-conditioning systems ensure that temperatures in the bus remain comfortable despite variations in exterior temperature. These systems are standard, regardless of the bus model or make. Since bus coaches are hermetically sealed, passenger comfort depends entirely on the proper functioning of the air conditioning and ventilation systems. The latter are very powerful, having a flow-through rate of 2750 cfm (78 m^3/s) and the capacity to recirculate air inside the bus (approximately 65 m^3) more than once per minute. Nonetheless, these ventilation systems are not perfect, since only 20% of the output comes from fresh air, which is conditioned along with the remaining recirculated air.

For several years, Voyageur Inc., a carrier operating over 300 vehicles, has been looking for ways to improve air quality in its vehicles, in particular to satisfy passengers bothered by "second-hand" smoke. Despite the existence of smoking and non-smoking sections, smoke dissipates very slowly, most of it being re-circulated throughout the entire coach. In addition, human body odours can sometimes be disagreeable in such a confined space.

In response to a request from Voyageur, the Transportation Development Centre (TDC) of Transport Canada carried out an investigative study as part of its research program on improvements to conventional buses. TDC's mandate was to go beyond the problem of smoke elimination and provide a general evaluation of air quality in buses.

In the first part of the study, an inventory of the various perceptible forms of air pollution inside buses was taken. Tobacco smoke was found to be a primary means by which solid elements, primarily composed of harmful, respirable dusts and gases, are introduced into the air. The smoke also contains aerosols, that is, solid compounds conveyed by fine water droplets; these aerosols retain the smoke's bad odour. A detailed description of the ventilation systems of MCI, Prévost and Eagle buses was then made to determine their integrated operation.

To qualify the ambient air in buses, a reference base for clean air had to be established, and this represents a significant part of the present report. In the absence of standards on bus air quality, the standards found in The Clean Air Act and in various sources dealing with interior air quality were used. A distinction was made between the solid content (particles or dust) and the gaseous mix.

Air samples were taken at different points during 17 two-hour trips between Montreal and Ottawa. Twelve trips were on an MCI bus and five on a Prévost Marathon XL, with the bus full on almost all trips. It was known in advance that the air would not be as polluted as in an industrial area; the instruments used were simple and transportable; and the aim was not precise measurements, but rather an order of magnitude. The operator taking the measurements in the buses distributed explanatory leaflets and collected comments from the passengers.

Dust concentration was measured using a Gilian constant volume pump to convey a known volume of air through a filter capsule, which was weighed before and after. The following comments and conclusions are based on the dust concentration obtained:

- the instrument used was able to detect only dusts with diameters greater than 0.8 microns (primarily non-respirable);
- most of the respirable particles, which are less than 10 microns, went undetected; this is the case for most cigarette smoke;
- only 12 of the 17 measurements yielded interpretable results (the others were not significant);
- dust concentrations between 200 and 700 mcg/m^3 were found; these values correspond to what is usually found in air inside an office building (100-500 mcg/m^3);
- the acceptable Canadian standard (24 h) for outside air is 120 mcg/m^3;
- the values found are far from critical;
- even though the measurements showed the presence of dusts, we would not recommend filtration based on the concentrations found.

The Dräger reactive tube method was used to determine the air's chemical composition in terms of major pollutants; this gave approximate values and not precise figures. These measurements were also taken over 17 trips; when they gave obviously negative results, the measurements of certain gases were abandoned. The following results were obtained from the gas measurements:

- traces of carbon monoxide (CO) lower than the maximum desirable concentration threshold (5 ppm) were found (The Clean Air Act): no cause for concern;
- no measurable trace of sulphur dioxide (SO_2) at a sensitivity of 0.1 ppm, whereas the acceptable threshold is from 0.06 to 0.12 ppm for 24 h (The Clean Air Act): no cause for concern;
- no measurable trace of ozone at a sensitivity of 0.05 ppm, even in Prévost vehicles equipped with an ozonator; this apparatus operates well and there was no excess ozone on any trip: no cause for concern;

- for carbon dioxide (CO_2), the sensitivity threshold of the measuring equipment was 1000 ppm. This gas, which is not toxic, was present in concentrations varying between 1000 and 1900 ppm (0.1 to 0.2%). On half of the trips, the concentration of this gas was 1500 ppm or higher, indicating an imbalance in the usual distribution of gases in the air; the maximum concentration of this gas in fresh air is 600 ppm; a CO_2 concentration higher than 1000 ppm indicates an insufficient fresh air supply and an oxygen deficiency; thus, even though ASHRAE standards allow a maximum of 2500 ppm inside, observations in the workplace (Ontario) have linked general complaints on air quality to a CO_2 concentration exceeding 1000 ppm. The discovery of this significant CO_2 concentration certainly explains the feelings of discomfort, unease, and the headaches experienced by many bus passengers.

Any oxygen deficiency obviously must be rectified, and this became the focus of the study. Although no filter can eliminate excess gas, the amount of fresh air in the ventilation system must somehow be increased, for the following reasons:

- to dilute the polluting gases,
- to re-establish an acceptable level of oxygen, essential to the comfort and well-being of passengers.

Although measurements did not show the presence of excess dusts, the undeniable problem of eliminating tobacco smoke led to a review of the various purification and filtration systems available. As a matter of principle, only an electrostatic system has the capacity to eliminate the finest solid particles like aerosols, and these are the very elements that are most bothersome in tobacco smoke. Another significant aspect of purification which may appear self-evident is the need to collect and retain the particles; thus, a disposable fibreglass system appears to be preferable to a plate system, which must be cleaned periodically. Elcar 100 purifiers used in 20 Marathon XL buses should be withdrawn from service, since these machines, which are unable to collect dust, contribute to the embedding of ambient dust in the seats and throughout the bus.

Along with possible filtration, increasing the volume of fresh air should be a priority. Except for a few days during the year, the heating and refrigeration units proved they could easily withstand double the amount of fresh air in the ventilation system, that is an increase from 20% to 40%. The effect of diluting the pollutants and oxygen enrichment would be felt immediately.

The results of this investigative study confirm the proposals made by CRIQ (Centre de Recherche Industrielle du Québec) in 1984; concerning the need for increased fresh air input, a certain scientific base is added (CO_2 index); filtration equipment and installation might be less expensive than expected, owing to technological advances.

It is proposed that an experimental vehicle be modified to increase the fresh air intake and evacuation of polluted air; the same vehicle would also be equipped with an electrostatic filtration system. This vehicle should be made available commercially to check its performance and depending on the results, the other buses in the Voyageur fleet, or those operated by any other company interested, could be similarly modified.

The present study also leads to a medium-term goal - the initiation of research on the interior aerodynamics of vehicles to determine how air circulates, whether it is evenly distributed, and what corrective measures to take, if required.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. PROBLÉMATIQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS 3

2.1 Première perception de la qualité de l'air dans les autocars 3

2.1.1 Fumée de tabac 3
2.1.2 Mauvaises odeurs 3
2.1.3 Courants d'air, chaleur exagérée 4
2.1.4 Malaises, maux de tête, propagation de germes et virus 4
2.1.5 Plusieurs modèles d'autocars, plusieurs dispositions intérieures 4

2.2 Problématique comparative à d'autres modes de transport 4
2.3 L'interaction entre le passager et l'air dans l'autocar 5
2.4 La fumée de cigarettes, source importante de pollution 6
2.5 Autres sources de pollution de l'air dans l'autocar 6
2.6 Cas particulier du chauffeur 7
2.7 Description de la climatisation sur les trois modèles d'autocar MCI, Prévost et Eagle 7
2.8 Problématique des systèmes de climatisation des autocars 21

3. UN AIR DE QUALITÉ: ÉTABLISSEMENT D'UNE RÉFÉRENCE 23

3.1 Poussières 26
3.2 Gaz constitutifs de l'air ambiant 27

3.2.1 Oxygène (O2) 28
3.2.2 Monoxyde de carbone (CO) 29
3.2.3 Oxydes d'azote (NO et NO2) 29
3.2.4 Anhydride sulfureux (SO2) 30
3.2.5 Ozone (O3) 30
3.2.6 Gaz carbonique (ou dioxyde de carbone, CO2) 31

3.3 Les ions négatifs et l'équilibre des particules électriques dans l'air 32
3.4 Degré d'humidité relative et température 32
3.5 Principes de conditionnement d'air 33

3.5.1 Apport d'air frais et extraction de l'air vicié 33
3.5.2 Purification par filtration 33

4. CAMPAGNE DE MESURES, ANALYSES ET RÉSULTATS 35

4.1 Choix des objets et concentrations mesurées 35

4.1.1 Poussières 35
4.1.2 Gaz contaminants 36

4.2 Choix des méthodes et équipements de mesures 36

4.2.1 Poussières 36
4.2.2 Gaz 37
4.2.3 Humidité relative et température 37

4.3 Procédures de saisie 37
4.4 Déroulement des mesures 38
4.5 Résultats et interprétation 41

4.5.1 Poussières 41
4.5.2 Gaz 44
4.5.3 Commentaires des passagers 46

5. ÉQUIPEMENTS, MÉTHODES ET STRATÉGIE D'AMÉLIORATION 49

5.1 Interdiction de fumer 49
5.2 Filtration 50

5.2.1 Filtration mécanique passive 50
5.2.2 Filtration active électronique 51

5.3 Accroissement de l'apport d'air frais 52

5.3.1 Possibilité de doubler l'apport d'air frais dans l'autocar 52
5.3.2 Gain de qualité par apport d'air frais accru 53

5.4 Ozonateurs 54
5.5 Connaissance de l'aérodynamique intérieure de l'autocar 54
5.6 Stratégie double: plus d'air frais et filtration 54

6. SOLUTIONS POSSIBLES ET EXPÉRIMENTATION 57

7. RECOMMANDATIONS 59

7.1 Autocars existants 59
7.2 Construction d'autocars neufs 59
7.3 Recherches 59

BIBLIOGRAPHIE CHOISIE 60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Constituants de l'air propre extérieur	24
Tableau 2	Réponse de l'homme à diverses concentrations déficientes d'oxygène	28
Tableau 3	Concentration des poussières mesurées	41
Tableau 4	Concentration des gaz et humidité relative mesurées	44
Tableau 5	Analyse des commentaires des passagers	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1	MCI, prise d'air extérieur	9
Figure 2	MCI, système de climatisation à l'intérieur d'une soute à bagage	10
Figure 3	MCI, groupe ventilateurs de climatisation - radiateur - évaporateur - filtre	11
Figure 4	Prévost Marathon XL, prise d'air extérieur	14
Figure 5	Prévost Marathon XL, système de climatisation sur le côté de l'autocar	15
Figure 6	Prévost Marathon XL, à gauche prise d'air extérieur dans la porte	15
Figure 7	Prévost Marathon XL, groupe ventilateurs de climatisation, radiation, évaporateur, filtre	16
Figure 8	Eagle 10, prise d'air extérieur	17
Figure 9	Eagle 10, prise de retour dans le plancher de la cabine	18
Figure 10	Eagle 10, système de climatisation	18
Figure 11	Eagle 10, groupe ventilateur de climatisation, radiateur, évaporateur, filtre	19
Figure 12	Carte d'information	40

1.

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les compagnies d'autocars interurbains, et notamment Voyageur, sont confrontées avec des plaintes des passagers relatives à la qualité de l'air dans les autocars; la plupart touche au désagrément que provoque les fumées de cigarettes, plaintes rapportées par des passagers non-fumeurs, même si ceux-ci se sont trouvés une place dans les rangs pour non-fumeurs; une climatisation souvent inégalement répartie (chaude ou froide) semble aussi le sujet de plaintes du public.

En 1983, Voyageur intallait sur l'un de ses autocars, et à titre expérimental, un purificateur d'air fonctionnant sur le principe de génération d'oxygène actif, ainsi que des écrans de plexiglass pour séparer les sections fumeurs et non-fumeurs; suite à une enquête menée dans cet autocar (Yvan le gobe-fumée), 56% des passagers non-fumeurs interrogés déclaraient voir une grande ou énorme amélioration à la qualité de l'air. Ceci mena à l'équipement standard sur chacun des 20 derniers autocars Prévost Marathon XL reçus par Voyageur, d'un purificateur Elcar 100.

Simultanément, Voyageur commandait au CRIQ une étude sur le même sujet, (Centre de recherche industrielle du Québec - Instrumentation/ contrôle fumée, juin 1984). L'implantation des résultats de cette étude signifiant des déboursés considérables, Voyageur approcha le CDT pour se faire conseiller, avant d'équiper sa flotte complète avec les dispositifs recommandés.

Sur cette toile de fond relativement limitée à un problème de fumée de tabac, le CDT décidait d'élargir le mandat pour examiner de façon plus globale la qualité de l'air constituant l'environnement du passager dans l'autocar.

Ce projet est structuré selon deux grands objectifs:

- il décrit de la façon la plus précise possible la problématique de l'air dans l'autocar; il cherche à juger si la situation est critique ou non;

- il fait l'inventaire des équipements, méthodes et stratégies d'améliorations possibles, ceci menant à la formulation de recommandations pour corriger les défauts identifiés.

2.

PROBLÉMATIQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

2. PROBLÉMATIQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

2.1 Première perception de la qualité de l'air dans les autocars

2.1.1 Fumée de tabac

Ce sont surtout les non-fumeurs qui supportent mal la fumée de tabac émanant des passagers fumeurs; ce désagrément est subi même si ces deux groupes sont assis dans des sièges réservés chacun pour eux; on peut y voir trois (3) raisons:

- la fumée qui flotte partout dans la cabine de l'autocar, même si elle est plus concentrée dans la section pour fumeurs;

- l'indiscipline et le manque de courtoisie de fumeurs s'installant dans des sièges réservés aux non-fumeurs, refusant de surcroit de cesser de fumer lorsqu'on le leur demande;

- la proportion variable de non-fumeurs dans un autocar, ce qui oblige les non-fumeurs à s'asseoir dans la section "fumeurs", la section non-fumeurs étant toujours trop petite.

Il est incontestable que grâce aux campagnes anti-tabac menées depuis plusieurs années par les organismes de promotion de la santé, le nombre de fumeurs a décliné; par ailleurs, les non-fumeurs, convaincus des dangers et désagréments du tabagisme, réagissent de plus en plus fortement contre "la fumée des autres".

2.1.2 Mauvaises odeurs

Un des éléments importants qui affecte aussi la qualité de l'air et l'ambiance environnante du passager est l'odeur qui se dégage de la cabine, des sièges particulièrement, imprégnés de toutes les odeurs qu'ils ont pu capter leur vie durant; la source prédominante d'encrassement des sièges est évidemment la fumée de cigarettes; la ventilation la plus efficace ne pourra jamais éliminer l'émission des odeurs de nicotine imprégnées dans le tissu des sièges.

Les odeurs corporelles du groupe humain que l'on retrouve dans un autocar sont une autre source qui vient charger l'air ambiant de l'autocar; comme ces odeurs ne sont pas éliminées immédiatement, elles ont tendance à stagner et à imprégner également le tissu des sièges. C'est bien la concentration de personnes dans un espace restreint qui rend observable et à la limite génant ces émissions des voyageurs: en effet chaque passager ne dispose que d'un peu plus de 1 m3 d'espace, siège compris (le volume intérieur d'un autocar voisine les 65 m3).

Par ailleurs, malgré tout le soin que la compagnie d'autocar puisse donner au nettoyage des toilettes, il peut arriver que des effluves malodoriférentes s'échappent du cabinet de toilette, que la porte soit fermée (inétanchéité) ou par simple ouverture lorsqu'utilisée; une toilette mal

2. PROBLÉMATIQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

2.1 Première perception de la qualité de l'air dans les autocars

2.1.1 Fumée de tabac

Ce sont surtout les non-fumeurs qui supportent mal la fumée de tabac émanant des passagers fumeurs; ce désagrément est subi même si ces deux groupes sont assis dans des sièges réservés chacun pour eux; on peut y voir trois (3) raisons:

- la fumée qui flotte partout dans la cabine de l'autocar, même si elle est plus concentrée dans la section pour fumeurs;

- l'indiscipline et le manque de courtoisie de fumeurs s'installant dans des sièges réservés aux non-fumeurs, refusant de surcroit de cesser de fumer lorsqu'on le leur demande;

- la proportion variable de non-fumeurs dans un autocar, ce qui oblige les non-fumeurs à s'asseoir dans la section "fumeurs", la section non-fumeurs étant toujours trop petite.

Il est incontestable que grâce aux campagnes anti-tabac menées depuis plusieurs années par les organismes de promotion de la santé, le nombre de fumeurs a décliné; par ailleurs, les non-fumeurs, convaincus des dangers et désagréments du tabagisme, réagissent de plus en plus fortement contre "la fumée des autres".

2.1.2 Mauvaises odeurs

Un des éléments importants qui affecte aussi la qualité de l'air et l'ambiance environnante du passager est l'odeur qui se dégage de la cabine, des sièges particulièrement, imprégnés de toutes les odeurs qu'ils ont pu capter leur vie durant; la source prédominante d'encrassement des sièges est évidemment la fumée de cigarettes; la ventilation la plus efficace ne pourra jamais éliminer l'émission des odeurs de nicotine imprégnées dans le tissu des sièges.

Les odeurs corporelles du groupe humain que l'on retrouve dans un autocar sont une autre source qui vient charger l'air ambiant de l'autocar; comme ces odeurs ne sont pas éliminées immédiatement, elles ont tendance à stagner et à imprégner également le tissu des sièges. C'est bien la concentration de personnes dans un espace restreint qui rend observable et à la limite génant ces émissions des voyageurs: en effet chaque passager ne dispose que d'un peu plus de 1 m3 d'espace, siège compris (le volume intérieur d'un autocar voisine les 65 m3).

Par ailleurs, malgré tout le soin que la compagnie d'autocar puisse donner au nettoyage des toilettes, il peut arriver que des effluves malodoriférentes s'échappent du cabinet de toilette, que la porte soit fermée (inétanchéité) ou par simple ouverture lorsqu'utilisée; une toilette mal

entretenue évidemment accentuera considérablement le problème. Un problème connexe est celui des senteurs très fortes de produits germicides et nettoyants utilisés dans l'entretien des toilettes.

Enfin, avec beaucoup plus de probabilités lorsque l'autocar est d'un modèle plus ancien, des émanations peuvent provenir du compartiment moteur; ces fuites à travers les calfeutrages usés sont les plus souvent des gaz d'échappement, ou des senteurs d'huiles ou de carburant diesel.

2.1.3 Courants d'air, chaleur exagérée

Dans diverses situations, il peut arriver que la climatisation de l'autocar soit inégalement répartie et qu'une partie des passagers soient plongés dans un environnement désagréable alors que d'autres sont confortables. Ce problème est relatif au design de la climatisation, autant qu'à son réglage par le chauffeur.

2.1.4 Malaises, maux de tête, propagation de germes et virus

Dans certaines situations, sur des sujets particulièrement sensibles, divers malaises peuvent être ressentis à bord d'un autocar: maux de tête dus au manque d'air frais, contractation de maladies contagieuses par les germes et virus transportés dans l'air recirculé de l'autocar.

2.1.5 Plusieurs modèles d'autocars, plusieurs dispositions intérieures

Si l'on ne considère que les autocars interurbains modernes quatre (4) grands constructeurs se partagent le marché et les flottes existantes (MCI, Prévost, Eagle, GM); chacun d'eux ont aussi plusieurs modèles. Ainsi les problématiques peuvent différer d'un autocar à un autre.

Par exemple, dans le modèle MCI le plus courant chez Voyageur, les rangs de sièges non-fumeurs sont à l'avant, tandis que sur le Prévost Marathon XL, les non-fumeurs sont à l'arrière; dans ce dernier modèle, l'existence d'un purificateur (à base d'oxygène actif) laisse suspecter un risque de doses inacceptables d'ozone.

2.2 Problématique comparative à d'autres modes de transport

L'autocar est l'un des moyens de transport où le problème de la qualité d'air se pose avec le plus d'acuité, principalement parce que le passager n'a aucun contrôle sur la climatisation et ne dispose pour lui que d'un volume d'air très réduit malgré le très fort taux de recirculation (1 fois par minute). Contrairement à l'automobile privée, dans l'autocar les fenêtres sont fermées et scellées, et le système de climatisation n'a pour seul contrôle qu'un thermostat.

L'aviation commerciale connaît un problème similaire à celui de l'autocar, auquel a été donné deux genres de réponses:

- certaines compagnies aériennes ont simplement interdit la fumée de tabac, notamment pour des voyages courts, inférieurs à 2 heures.

- la prise en main du problème par le US Congress (98th) qui par son "Public Law 98-466-Octobre 11 1984" ordonne une étude sur l'"airline cabin air quality".

Le sujet est donc d'actualité.

Pour le mode ferroviaire, le problème semble moins aigu: l'espace vital par passager est nettement plus vaste, et il y a possibilité d'avoir des compartiments séparés fumeurs non-fumeurs.

Pour revenir à l'autocar, nous jugeons que la solution d'interdire de fumer, sans être complètement rejetée, risque de ne pas régler complètement le problème; la suite de ce rapport montrera combien effectivement la fumée n'est qu'une partie du problème. Nous avons aussi considéré comme sérieux le risque de perte de clientèle encourru par une compagnie d'autocars qui bannirait la cigarette, perte qui pourrait se répercuter de façon irréparable sur sa rentabilité; seule une étude de marché orientée spécifiquement sur les intentions et la fidélité des clients actuels et potentiels, fumeurs et non-fumeurs, fournirait une réponse à l'hypothèse "bannir la fumée de tabac". La présente étude passe en revue les éléments de la problématique et les diverses solutions possibles.

2.3 L'interaction entre le passager et l'air dans l'autocar

L'autocar est un milieu de vie pour un passager durant quelques heures. Le caractère même de ce mode de transport implique un espace réduit par personne: il y a promiscuité quelquefois génante. Le système de ventilation doit pouvoir éliminer rapidement les odeurs qui se dégagent des passagers.

Le système de climatisation doit fournir une ventilation régulière suffisante pour éviter aux passagers de ressentir l'oppression d'être enfermé dans un espace réduit.

N'oublions pas aussi que l'air fourni par la ventilation est le véhicule de propriétés indispensables à la vie: les passagers y puisent leur oxygène et y évacuent par expiration du CO_2. Compte tenu du faible volume de la cabine de l'autocar, il importe que les caractéristiques de l'air à l'intérieur de l'autocar répondent au besoin d'oxygénation des passagers; en effet, celui-ci n'a pas le loisir d'ouvrir la fenêtre lorsqu'il en sent le besoin.

La somnolence qui envahit souvent les passagers d'autocar est susceptible de ne pas provenir seulement des vibrations régulières du roulement de l'autocar, mais aussi d'un appauvrissement en oxygène.

La fumée de tabac est l'une des sources de pollution générée par une partie des passagers eux-mêmes. Elle est nocive autant pour les fumeurs "volontaires" que pour les "involontaires".

Enfin, la promiscuité dans l'autocar favorise la contamination des passagers par des sujets porteurs de germes, bactéries, virus: une ventilation intégrant une filtration efficace peut limiter la transmission de maladie.

2.4 La fumée de cigarettes, source importante de pollution

De tous les polluants, c'est le plus redoutable: la fumée est un ensemble de particules et de gaz contenant plus de 3800 produits chimiques différents, dont une cinquantaine sont considérés potentiellement cancérigène ou susceptible de causer des ennuis à la santé.

Il est reconnu que plusieurs composantes chimiques de la fumée se retrouvent en plus grande quantité sortant par l'extrémité non fumée. C'est pourquoi le non-fumeur et particulièrement le voisin d'un fumeur, est aussi affecté par la fumée que le fumeur lui-même. La fumée cause des maux de tête, des éternuements, l'irritation des yeux et des narines, la détérioration des voies respiratoires, etc.

Un des éléments particulièrement toxique de la fumée de tabac est le monoxyde de carbone: celui-ci est difficilement éliminé par l'organisme humain, et la ventilation doit garantir que sa concentration ne s'élève dans des taux inacceptables.

Une étude (American Lung Association) a montré que dans une automobile, un non-fumeur en présence d'un fumeur verra son taux de CO doubler si 10 cigarettes y sont fumées. C'est pourquoi le "Report to the federal - provincial working group on indoor air quality" recommande que dans tout environnement intérieur, la fumée de tabac devrait être évitée.

Les nombreuses campagnes publicitaires anti-tabagiste, de même que la hausse de prix des cigarettes ont, particulièrement depuis les 5 dernières années, fait décroître le nombre de fumeurs. C'est ainsi qu'en 1981, le nombre de canadiens fumant une moyenne de 27 cigarettes par jour, était estimé à 7.4 millions, soit 39% de la population de 15 ans et plus; le total de consommation de cigarettes était alors de 74 milliards pour l'année. En 1983, ce total diminuait de 5%, soit 70 milliards de cigarettes.

En comparaison, en 1980 au Etats-Unis, 34% de la population adulte était fumeuse avec une moyenne de 22 cigarettes par jour. [Source: Report to the federal - provincial working group on indoor air quality].

Selon notre étude menée auprès de 718 voyageurs, 150 étaient fumeurs, soit une moyenne de 21%.

2.5 Autres sources de pollution de l'air dans l'autocar

Une des caractéristiques implicite du système de ventilation avec un taux important de recirculation d'air est la concentration des polluants et leur élimination difficile.

L'admission d'air frais conçue pour renouveler l'air intérieur de l'autocar assure un apport d'air "propre"; les prises d'admission sont placées de façon à éviter l'aspiration de polluants. Pourtant, dans certaines circonstances, de l'air vicié par des gaz d'échappement ou autres sources de pollution atmosphérique pourrait être aspiré en cabine; il s'agit d'éviter que ces situations se produisent:

- normalement l'autocar roule sur la grande route; il se peut pourtant que celui-ci soit pris au pare-choc à pare-choc dans des encombrements de circulation dans des concentrations de pollution extérieure: les trappes manuelles peuvent alors être ouvertes;

- il se peut que dans les terminus, lorsque plusieurs moteurs d'autocar tournent à régime élevé (réchauffement ou refroidissement), la disposition relative des véhicules puisse favoriser l'aspiration d'échappement: on évitera de telles dispositions;

- plus l'autocar est âgé plus on peut craindre la détérioration des joints qui isolent le groupe moteur et l'échappement de la cabine; un entretien préventif soigné par une détection des fuites devrait éviter ce genre de problème.

2.6 Cas particulier du chauffeur

La recherche de l'amélioration de la qualité de l'air pour les passagers répond à des objectifs de santé, de bien-être et de confort.

Aux objectifs de santé et de bien-être s'ajoute la sécurité dès que l'on examine le cas du chauffeur.

Le chauffeur, professionnel, passe sa journée à son volant. Il est donc de la première importance que l'air qu'il reçoit par le système de ventilation maintienne son éveil et soit exempt de tout ce qui pourrait altérer ses facultés de conduite.

Dans tous les autocars, le chauffeur dispose de bouches de climatisation et de règlages qui lui sont propres. La petite vitre latérale à sa gauche complète ce système de climatisation propre. Il est pourtant à noter que l'ouverture de cette petite vitre peut altérer le règlage du système de climatisation des passagers, au détriment de ceux-ci.

Il est certain que toute amélioration à la climatisation générale améliorera aussi la situation pour le chauffeur.

2.7 Description de la climatisation sur les trois modèles d'autocars: MCI, Prévost et Eagle

La climatisation existante comprend trois éléments principaux qui sont la ventilation, le chauffage et la réfrigération. Le système est complété par les diverses prises d'air, les bouches de distribution, les évacuations, les divers conduits ou gaines, et par un filtre grossier.

La ventilation est assurée par un ou des moteurs électriques. L'énergie de chauffage provient du liquide de refroidissement du moteur diesel de l'autocar; l'énergie pour le refroidissement provient d'un compresseur branché par courroie sur le moteur diesel; un moteur électrique permet la condensation du liquide réfrigérant.

Un seul contrôle par une jauge thermostatique placée dans le circuit de retour de l'air assure le maintien d'une température constante, contrôle commandé par le conducteur.

Passons en revue le détail des éléments pour les autocars, MCI, Prévost et Eagle.

MCI

Ventilation générale:

. Prises d'admission d'AIR EXTERIEUR:

- deux prises, situées de chaque côté du véhicule à 1,5 m du sol, entre la 1ère soute à bagages et les roues avant; contrôle complètement manuel par une manette située dans la 1ère soute à bagages, figure 1; selon le manufacturier, ces prises garantissent 20% d'apport d'air frais sur le débit du ventilateur;

- trappe d'air extérieur sur le toit, utilisée en cas d'urgence seulement (bris du système de climatisation).

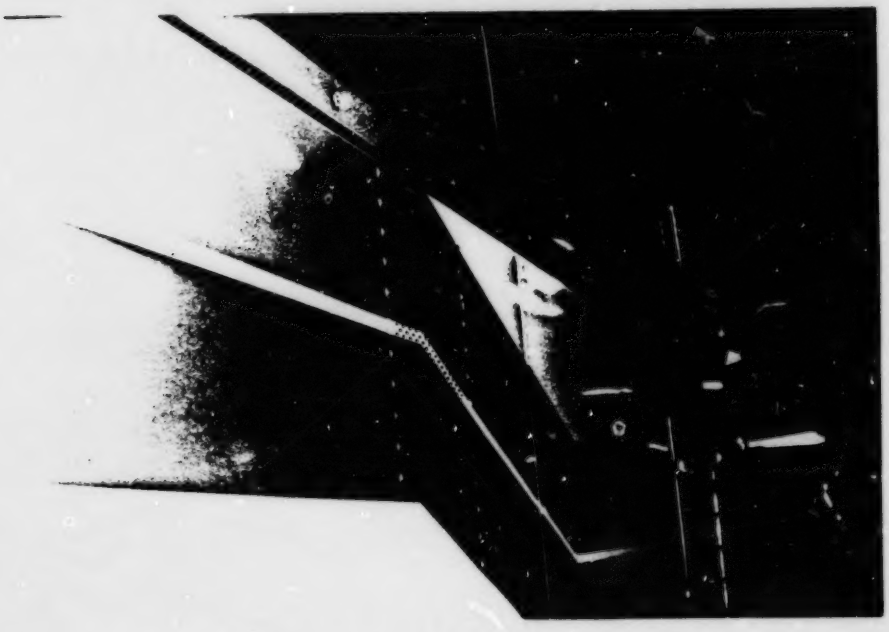


Figure 1 - MCI, prise d'air extérieur

. Prises de retour pour la RECIRCULATION:

- à l'avant, deux prises (une de chaque côté de l'allée);

- à l'arrière, deux prises (une de chaque côté des parois extérieures) au niveau du sol.

. Bouches de DISTRIBUTION:

- le long des parois latérales de l'autocar, à la base des fenêtres.

- EVACUATION:

  - une grille dans la porte avant droite, un ventilateur extracteur dans les W.C., fuites à travers portes et fenêtres.

- Deux VENTILATEURS:

  - à cage d'écureuils en bout d'arbre d'un seul moteur électrique; aspiration du système filtre, évaporateur, radiateur et refoulement dans les gaines de distribution; débit: MC-8 2 500 cfm, MC-9 2 750 cfm.

- Le plan du système filtre, etc., est parallèle à la face de l'autocar - figures 2 et 3.

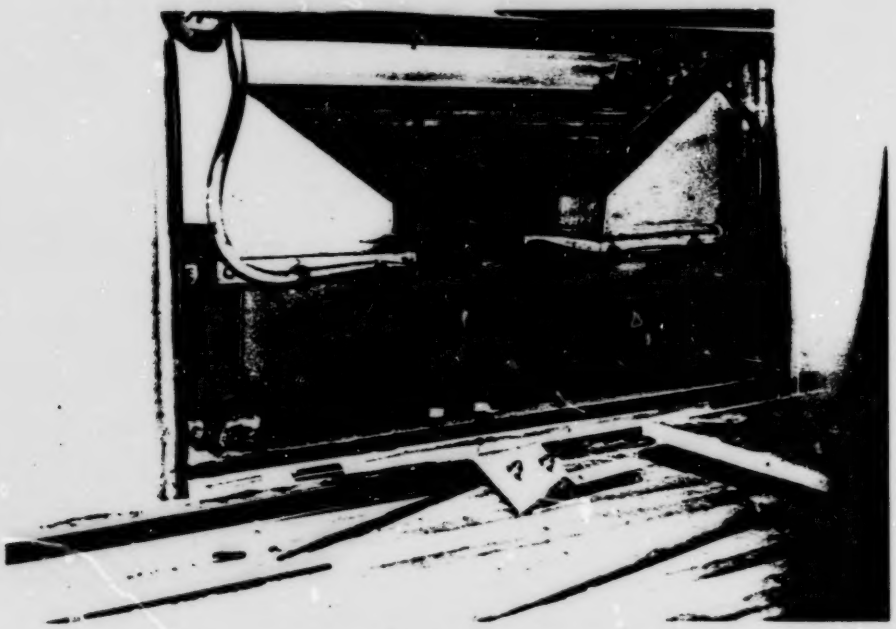


Figure 2 - MCI, système de climatisation à l'intérieur d'une soute à bagage; à l'arrière, radiateur de chauffage.

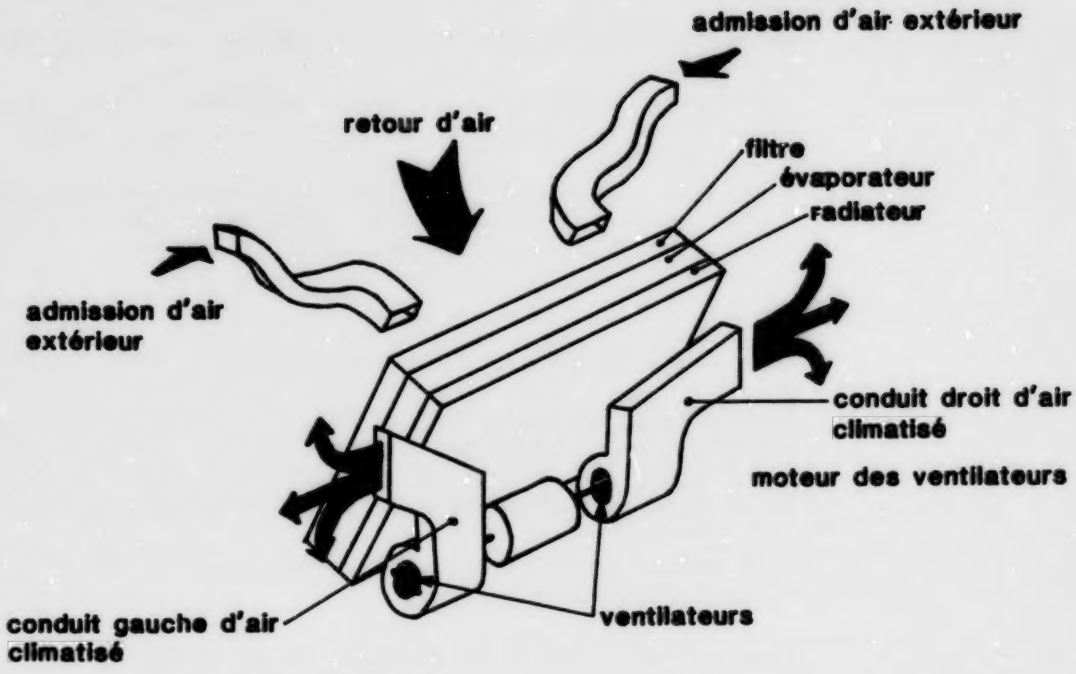


Figure 3 - MCI, groupe ventilateurs de climatisation - radiateur - évaporateur - filtre.

. GAINES du système de ventilation:

- gaine d'aspiration venant des prises de retour, située sous l'allée centrale; cette gaine courant de l'avant à l'arrière du véhicule est branchée à une bâche la raccordant au système filtre, évaporateur, radiateur;

- deux gaines d'aspiration, provenant de chacune des prises d'air extérieur, sont branchées sur la bâche ci-dessus;

- deux bâches de raccordement aux deux gaines de distribution courant le long des deux parois latérales, à hauteur du sol;

- l'aérodynamique des conduits garanti 20% d'apport d'air frais constamment.

Chauffage:

- puissance: MC-8: 124 000 BTU/h, MC-9: 154 000 BTU/h;
- radiateur: situé en avant de la première soute à bagages; branché sur le système de refroidissement du moteur;
- contrôle: robinet qui ferme ou ouvre le circuit de circulation d'eau chaude à l'aide d'un diaphragme soumis à une pression d'eau, commandé électriquement par le thermostat.

Refrigération:

- puissance: MC-8: 90 000 BTU/h (7.5 ton), MC-9: 120 000 BTU/h;
- compresseur Carrier 05G 6 cyl.: situé à l'arrière, près du moteur et entraîné par celui-ci par une courroie avec embrayage électrique; un dispositif automatique de valve de décharge module le % de charge du compresseur selon la demande de réfrigération;
- condenseur et ventilateur du condenseur: situés à l'avant gauche de la 1ère soute à bagages;
- évaporateur: situé entre le filtre et le radiateur.

Filtration:

- filtre de paille métallique lavé périodiquement à la vapeur (25 000 km).

Contrôle:

- Un interrupteur à 3 positions au poste du conducteur: arrêt, chauffage (compresseur de réfrigération mis hors service par l'embrayage électrique), climatisation (le compresseur est connecté et son système de régulation de charge, 2, 4 ou 6 cyl. fonctionne; le chauffage est branché et réagit selon la demande du thermostat;
- Un seul thermostat de contrôle pour fixer la température voulue conditionne l'ouverture de la vanne d'alimentation du radiateur; le thermostat fonctionne de paire avec la jauge de température située dans la gaine de distribution (avant gauche); le thermostat conditionne aussi la mise en marche du compresseur dès que la température excède celle désirée, indiquée au bouton de contrôle; le degré de charge (2, 4 ou 6 cyl.) du compresseur de réfrigération est conditionné par la pression de résistance à évacuer la chaleur.

Cas particulier du poste de conducteur:

- Une prise d'air frais sur la face avant de l'autocar, sous le pare-brise, commandée par manette et câble (graduel); l'air frais est conduit, vers les bouches de distribution à la base du pare-brise (intérieur); si la prise d'air est totalement ouverte, c'est 100% d'air extérieur alors climatisé qui sort des bouches de distribution;

- Une prise de retour dans la paroi verticale intérieur, sous le tableau de bord MCI et Prévost, sous le siège pour Eagle;

- Deux ventilateurs: 430 cfm environ, qui poussent l'air aspiré (frais + recirculé) à travers radiateur et évaporateur;

- Un radiateur;

- Un évaporateur.

PREVOST MARATHON XL

En principe comme MCI, sauf indications spéciales.

Ventilation générale:

. Prise d'AIR EXTERIEUR:

- une, située sur le milieu du côté gauche de l'autocar; contrôle manuel fixé sur la prise d'air extérieur (intérieur de la porte du système de climatisation) - figure 4;

- trappe d'air (voir MCI).

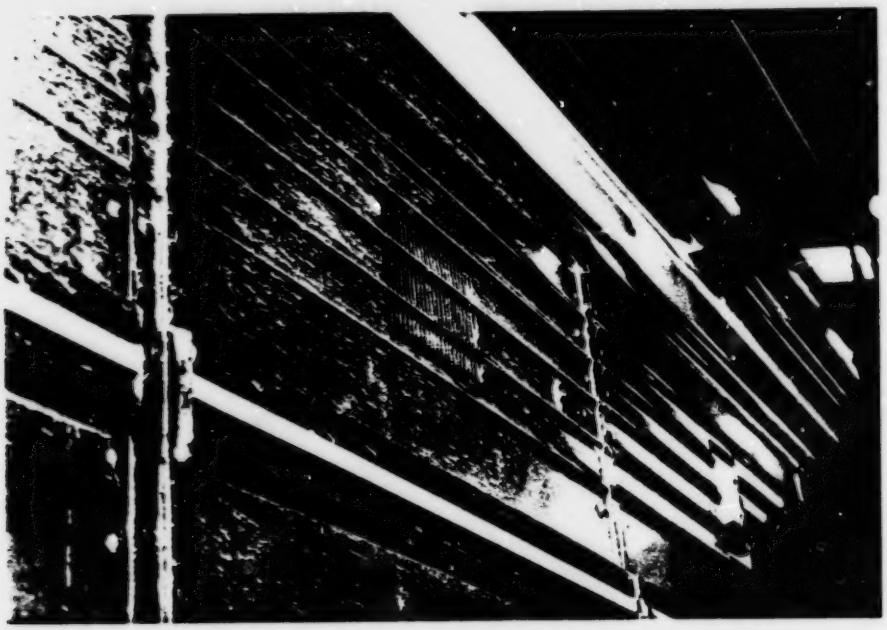


Figure 4 - Prévost Marathon XL, prise d'air extérieur

. Prise de retour pour la RECIRCULATION:

- une, centre gauche, champignon, juste au-dessus du système de climatisation.

. Bouches de DISTRIBUTION, comme MCI

. EVACUATION:

- gaine d'évacuation vers le sol d'une partie de l'air aspiré par le champignon;

- par la toilette (ventilateur extracteur) vers le dessous du véhicule.

- VENTILATEURS: même principe que MCI, mais au centre du véhicule, 2 600 cfm;

- Le plan du système filtre, etc., est parallèle à l'axe de marche - figures 5, 6 et 7.

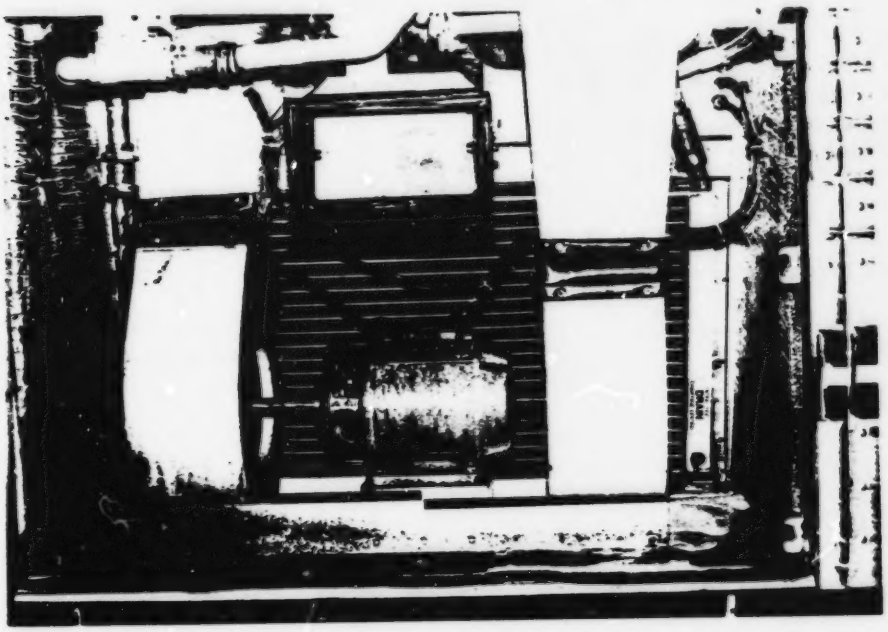


Figure 5 - Prévost Marathon XL, système de climatisation sur le côté de l'autocar - à l'arrière radiateur.

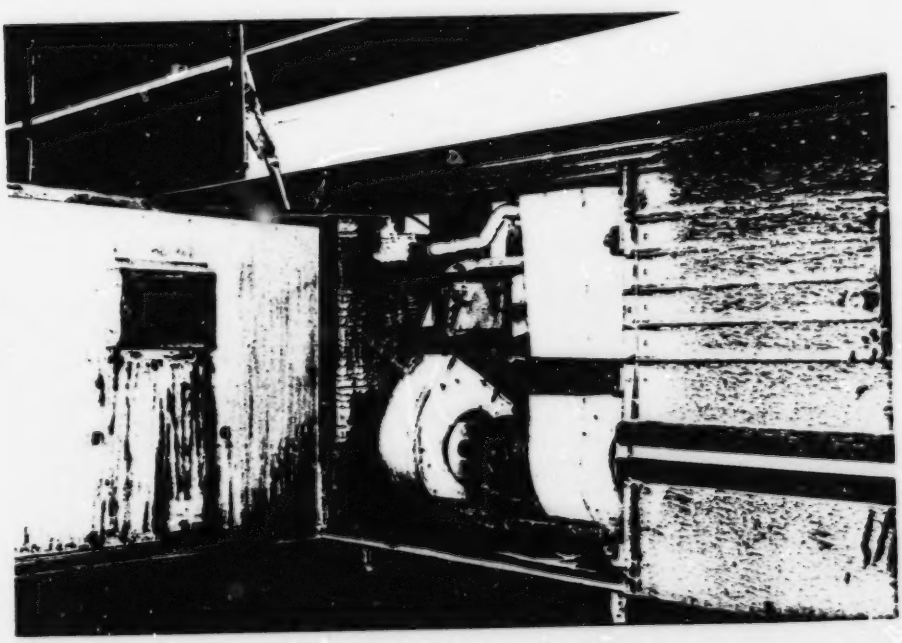


Figure 6 - Prévost Marathon XL, à gauche prise d'air extérieur dans la porte.

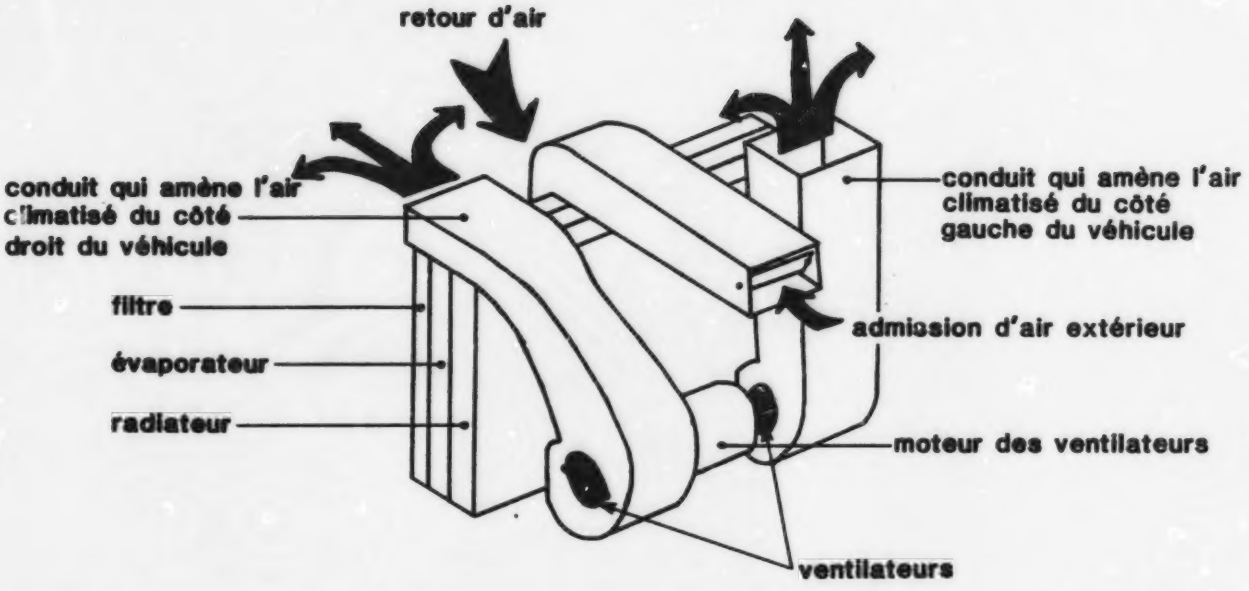


Figure 7 - Prévost Marathon XL, groupe ventilateurs de climatisation, radiateur, évaporateur, filtre.

- GAINES du système de ventilation

  - bâche du champignon au système filtre, évaporateur, radiateur;
  - la gaine d'apport d'air frais s'ajuste dans la bâche ci-dessus;
  - deux gaines de distribution longeant les parois au niveau du sol; air distribué à la base des fenêtres;
  - 20% d'apport d'air frais (cf MCI).

Chauffage:

- puissance: 175 000 BTU/h (modèle TS-47)
- radiateur: centre gauche du véhicule
- contrôle: voir MCI

EAGLE 10

Ventilation générale:

. Prises d'admission d'AIR EXTERIEUR

- deux prises, situées de chaque côté de l'autocar, à l'avant des roues arrières; aucun contrôle;

- trappe d'air extérieur sur le toit mais pour usage en cas d'urgence seulement (bris du système de climatisation) - figure 8.

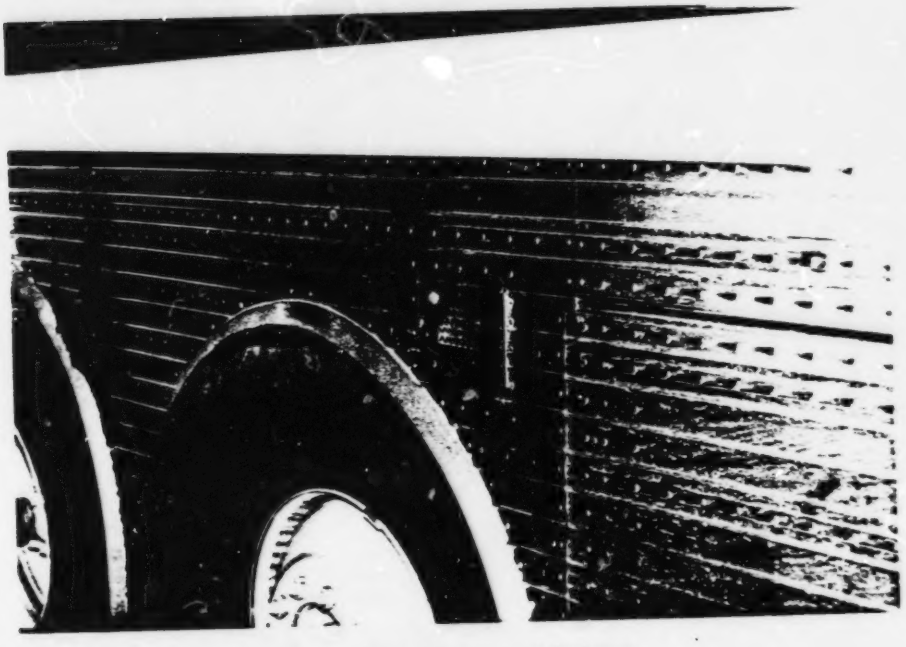


Figure 8 - Eagle 10, prise d'air extérieur

. Prises de retour pour la RECIRCULATION

- deux grilles dans le plancher à gauche et à droite de l'allée centrale un peu à l'avant des roues arrières (figure 9).

. Bouches de DISTRIBUTION

- le long des parois latérales de l'autocar, à la base des fenêtres.

. EVACUATION

- un ventilateur extracteur dans les WC; fuites aux joints des portes.

. VENTILATEURS

- deux ventilateurs séparés, actionnés chacun par un moteur (total 2 800 cfm, 2 vitesses) - figures 10 et 11

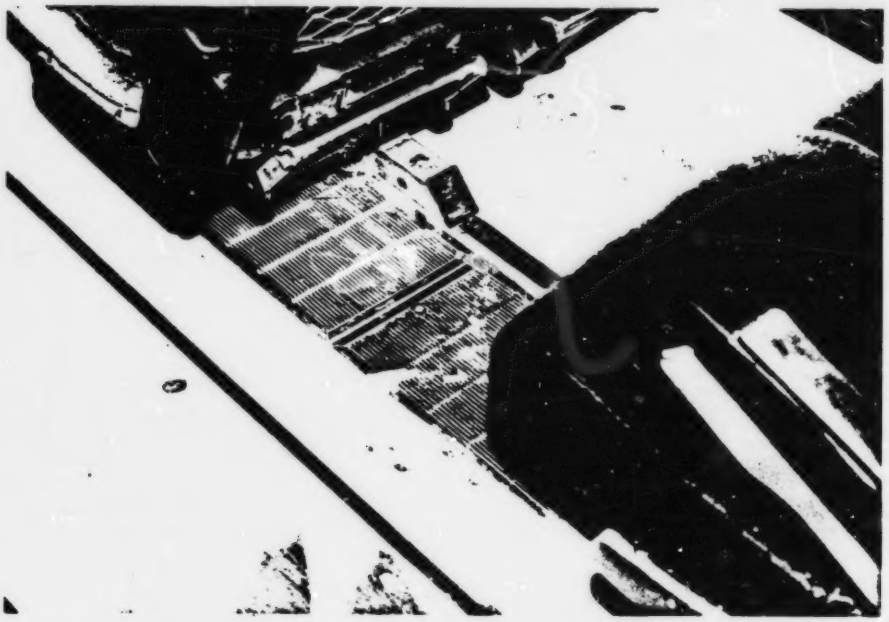


Figure 9 - Eagle 10, prise de retour dans le plancher de la cabine

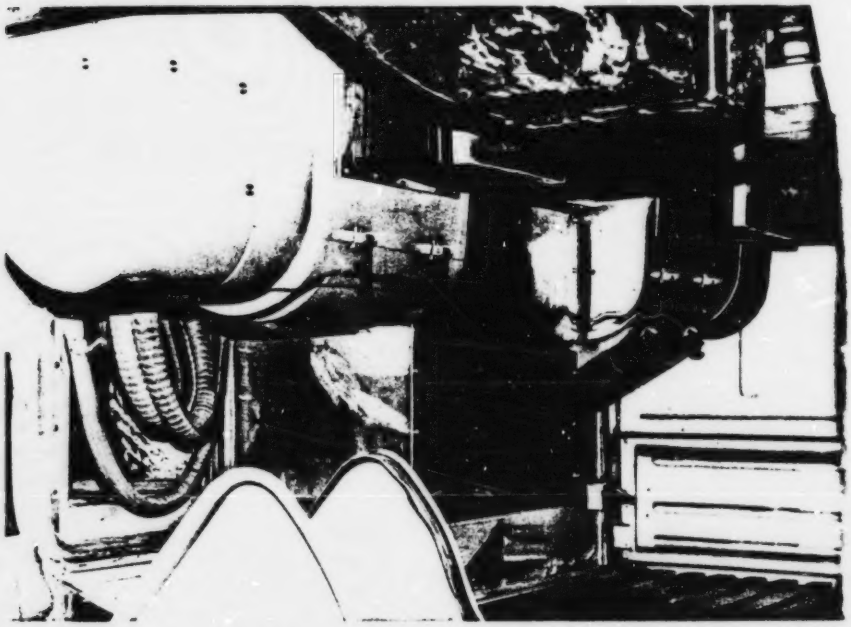


Figure 10 - Eagle 10, système de climatisation en-haut, conduit de distribution gauche; à droite et à gauche, coffres des moteurs-ventilateurs

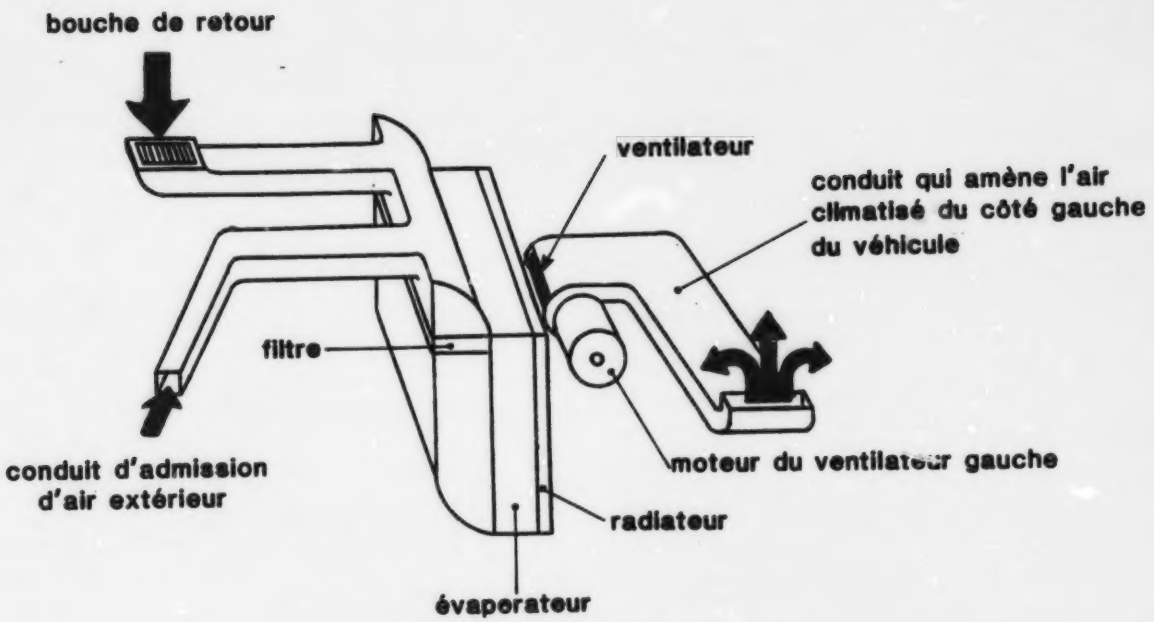


Figure 11 - Eagle 10, groupe ventilateur de climatisation, radiateur, évaporateur, filtre - côté gauche (un système similaire pour le côté droit)

. GAINES du système de ventilation

- gaine d'aspiration de la grille aux deux blocs filtre - évaporateur - radiateur - ventilateur;
- les deux gaines d'aspiration d'air extérieur sont raccordées aux 2 blocs ci-dessus;
- deux gaines de distribution amènent l'air aux fenêtres;
- l'aérodynamique des conduits garantit 20% d'apport d'air frais.

Chauffage:

- puissance 185 000 BTU/h
- radiateur dans le bloc climatisation, entre les deux essieux arrières
- contrôle: lorsque le thermostat indique que la température voulue est atteinte, un signal est envoyé à une vanne qui coupe graduellement, à l'aide d'une pression d'air sur un diaphragme, qui réduit la circulation d'eau chaude dans le radiateur (contrôle électrique Gradustat).

Réfrigération:

- puissance: 102 000 BTU/h
- deux évaporateurs en série dans les blocs climatisation (voir ci-dessus)
- un condenseur, près du moteur à l'arrière du véhicule;
- un compresseur entraîné par courroie par le moteur.

Filtration: voir MCI

Contrôle général: voir MCI

Cas particulier du poste du conducteur: voir MCI

NOTES: - La description des systèmes de climatisation qui précède résulte de nos observations, elle exprime le fonctionnement tel qu'on l'a compris. Seuls les fabricants d'autocars pourraient certifier si cette hypothèse de travail correspond bien à la réalité (J.V./CDT).

- Les hypothèses retenues sont conformes à l'expérience acquise lors de l'entretien et de réparations diverses effectuées au centre d'entretien Voyageur. Cependant, la capacité (exprimé en BTU) de chauffage nous semble trop élevée. Malheureusement nous ne pouvons fournir des données précises à ce sujet puisqu'elles ne nous sont pas disponibles. (signé René Paquette, centre d'entretien Voyageur, juin 1985)

2.8 Problématique des systèmes de climatisation des autocars

La disposition des systèmes mécaniques et des conduits de la climatisation est fortement contrainte par l'exiguité du volume de l'autocar: chaque élément est placé de façon à ne pas réduire l'espace "payant", soutes à bagages ou compartiment des passagers.

Le système de climatisation n'a pas eu de modification majeure depuis la conception de l'autocar, à part la pose d'un compresseur plus performant et plus économique sur les véhicules récents, et l'accroissement du débit de ventilation.

Le principe des bouches de distribution à la base des fenêtres uniquement, assure le dégivrage de celles-ci en hiver, ainsi qu'une certaine isolation thermique.

La capacité de réfrigération installée est dictée par les pointes extrêmes de chaleur l'été.

Comme il n'y a qu'une ou deux prises d'air de retour, on ne sait réellement pas si toutes les parties de l'autocar reçoivent le même niveau d'aération.

Le 20% d'apport d'air frais est fixe; c'est une caractéristique identique donnée par les trois constructeurs d'autocars; on ne connait pas l'influence des pressions/dépressions au droit des prises d'air frais sur la carrosserie, lorsque le véhicule roule à 100 km/h (aérodynamique). ASHRAE recommande un débit de 5 cfm d'air frais par personne dans le cas de bureaux; cette exigence appliquée par exercice à l'autocar donne un débit nécessaire de 250 cfm environ, ce qui correspond au 10% du débit de ventilation: le 20% semble adéquat; par ailleurs, le volume intérieur par passager n'est que d'environ 50 pieds cube, comparativement à plus de 10 fois plus pour un bureau.

UN AIR DE QUALITÉ : ÉTABLISSEMENT D'UNE RÉFÉRENCE

3. UN AIR DE QUALITÉ: ÉTABLISSEMENT D'UNE RÉFÉRENCE

Afin de pouvoir quantifier et éventuellement corriger le problème de l'air dans les autocars, il a paru nécessaire de décrire ce qu'on entend par une "qualité de l'air" optimale ou acceptable qui amène le confort au lieu du désagrément.

On passera donc en revue les diverses composantes et caractéristiques de l'air que l'on respire dans l'autocar: poussières en suspension, mélange gazeux, température, humidité, vélocité.

Si les lois qui garantissent à l'homme un air respirable sont bien connues, il faut préciser que celles-ci s'appliquent à l'air atmosphérique extérieur; d'autres règlements contrôlent les concentrations extrêmes que l'on peut retrouver en usine. Par contre, l'intérêt pour la qualité de l'air ambiant intérieur (résidences, bureaux) est relativement récent, et au Canada aucun règlement ne la régit encore.

Ainsi pour définir un "air de qualité" nous baserons-nous sur les normes existantes pour l'air extérieur et certaines lignes directrices connues en santé occupationnelle.

Le tableau 1 présente les constituants de l'air propre extérieur.

Tableau 1

LES CONSTITUANTS DE L'AIR "PROPRE" NATUREL EXTERIEUR

1. Les gaz principaux se retrouvent dans ces proportions (air sec):

. oxygène (O2)	20,94%
. azote (N2)	78,09%
. argon (Ar)	0,93%
. gaz carbonique (CO2)	0,03%
. autres gaz	0,01%

2. La vapeur d'eau représente de 1% à 4% en volume du mélange gazeux qui constitue l'air.

3. Les aérosols (nuages de particules ou brouillard de goutelettes liquides en suspension dans un gaz) sont de deux types:

   - des particules neutres telles que poussières et fumées, dont le dimamètre est compris entre 0,1 et 30 microns (ces particules ont tendance à se précipiter et tomber sur le sol);

   - des noyaux de condensation, faits de substances hygroscopiques (attirant l'humidité); la taille de ces noyaux varie entre 0,01 et 0,1 microns; les sources naturelles de tels noyaux sont les éruptions volcaniques, les poussières de météorites, les radiations naturelles, la putréfaction organique et les bruines de mer.

4. Différentes particules provenant d'insectes.

5. La poussière des rues et des champs.

6. Les pollens d'arbres et d'autres végétaux.

7. Les spores provenants de champignons ou moisissure.

8. Les matières végétales et animales en putréfaction.

9. Les bactéries et virus.

10. Les gaz provenant de marais ou des sols.

11. Odeurs de sécrétions humaines ou animales.

12. Gaz organiques tels qu'hydrocarbones et aldéhydes résultats de la photosynthèse des plantes vertes (certains volatils organiques créent souvent de grandes brumes, par exemple dans la forêt, par temps très chaud).

Source: Small, 1983, emprunt à Walbott 1973.

L'air ambiant dans un autocar est de même nature que l'air "intérieur" dans un bâtiment.

Que ce soit pour l'air atmosphérique ou l'air intérieur, la qualité se définit par rapport à la durée d'exposition d'une personne à cet air ambiant.

Traditionnellement, les normes de qualité sont plus sévères pour l'air extérieur que pour l'air d'un espace intérieur: on estime qu'un individu est exposé pendant 24 heures à l'air atmosphérique, que ce soit directement (dehors) ou indirectement (parce que les prises d'air d'un système de ventilation intérieur puisent dans l'air extérieur).

En réalité, seulement entre 10 et 30% de l'existence d'un individu se passe à l'extérieur: la plupart de ses activités telles que travail, repos, loisirs, transport, se passent dans un environnement fermé. Ce fait explique les pressions de plus en plus fortes pour l'adoption gouvernementale de normes de qualité d'air intérieur.

Dans le cas qui nous intéresse, soit l'autocar, on peut d'ores et déjà noter que l'exposition est limitée en durée (rares sont les voyages supérieurs à 6 heures) et dans le nombre d'occasion (plusieurs voyages par semaine). Ainsi il semble y avoir faible probabilité que la somme des polluants inspirés dans un autocar moyennée sur une semaine dépasse les normes admises.

La qualité de l'air se définit généralement selon diverses caractéristiques:

- teneur en poussières [g/m3], diamètre de ces poussières [mm], type de substance [poussière ménagère, plomb, MIUF, amiante, silice, ...]

- teneur en gaz [g/m3] ou [ppm]

- odeurs - celles-ci se répartissent en deux groupes:

  . les odeurs portées par des particules (p.ex. nicotine, portée par des goutelettes de vapeur, ...)

  . les odeurs de type gazeux (par exemple, propane, essence, mazout, ...)

- humidité relative, [mesurée en %]

- température [°C]

- vélocité [m/s]

- ions libres, positifs et négatifs

Nous avons vu au chapitre précédent que la qualité d'air est conditionnée par l'interaction de divers facteurs: passagers eux-mêmes, système de ventilation/climatisation, etc...

3.1 Poussières

Elles consistent en une variété de substances telles que: poussières de maison, bactéries, virus, pollen, cryptogramme, moisissures, poussières de matériaux de construction, aérosols domestiques ou industriels.

Les poussières sont généralement classées en deux catégories:

- les poussières non-respirables, de diamètre supérieur à 10 microns, sont interceptées et rejetées par le nez ou les cils vibratils de la trachée (p.ex. cendre volante);

- les poussières respirables, de diamètre inférieur à 10 microns, par exemple, fumée de tabac, de combustion d'huile; plusieurs poussières de ce type sont susceptibles de se déposer dans les bronchioles les plus basses des poumons, comme dans la trachée.

Dans la réalité, on peut observer les concentrations suivantes de poussières dans l'air:

- 100 à 500 mcg/m3, dans l'air ambiant intérieur pour les particules inférieures à 10 microns (NRC US 1981).

- 10 à 260 mcg/m3, dans l'air intérieur pour les seules particules inférieures à 2,5 microns (échantillon de 2 heures, valeurs les plus fortes associées à la fumée de tabac, NRC US 1981).

- 30 à 100 mcg/m3, TPS (total des poussières en suspension), concentration typique air intérieur, moyenne sur 24 heures (NRC US 1981).

Le US NRC indique que le rapport typique des poussières totales en suspension intérieur/extérieur, se situe entre 0,3 et 0,4.

La loi canadienne sur la lutte contre la pollution atmosphérique indique un plafond acceptable avec une concentration de:

- 0 à 120 mcg/m3, moyenne 24 heures
- 60 à 70 mcg/m3, moyenne annuelle géométrique

Il n'existe aucune norme maximale officielle au Canada et aux Etats-Unis concernant les particules respirables. La OSHA (Occupationnal Safety and Health Agency) indique une limite maximale acceptable de 5000 mcg/m2 pour les poussières respirables inertes ou nocives (moyenne pondérée sur 8 heures, Young G.S. 1981).

Le "Règlement sur la qualité du milieu de travail - Québec" donne les maximum admissibles suivants:

- 10 mg/m3 pour les poussières totales (TPS) = 10 000 mcg/m3
- 5 mg/m3 pour les poussières respirables = 5 000 mcg/m3

Ces concentrations maximales, si elles sont considérées comme admissibles dans un milieu de travail représentent un air passablement chargé, qui dépasse certainement de beaucoup la zone de confort où l'on voudrait se trouver pour l'air intérieur d'un autocar.

La fumée de tabac contribue de façon importante à l'apport de poussières dans l'air ambiant; la fumée de cigarettes par exemple (aspirée) contient 8% de son poids en particules (Stedman 1968); cette fumée aspirée totalise pour chaque cigarette entre 0,1 et 40 mg de particules; la fumée qui se dégage du bout non-fumé porte en plus une quantité de 1,3 - 1,9 fois le poids de particules aspirées par le fumeur (Report of the Surgeon General, 1982). Si l'on prend les extrêmes, la fumée dégagée par le bout non-fumé d'une cigarette peut "ajouter" à l'air ambiant entre 130 et 76 000 mcg de poussières respirables, quantités très significatives si on les compare aux concentrations de références.

3.2 Les gaz constitutifs de l'air ambiant

Les composantes "normales" de l'air atmosphérique sont l'oxygène (O_2), l'azote (N_2), l'argon (Ar), le gaz carbonique (CO_2) et plusieurs autres gaz dans des proportions faibles (voir tableau 2)

Parmi tous ces gaz, l'oxygène est le seul dont le corps humain a absolument besoin pour assurer son métabolisme. Tous les autres gaz ne sont pas utiles et deviennent mêmes polluants lorsqu'ils atteignent certaines concentrations. Les gaz que l'on a le plus de probabilité de retrouver dans la cabine d'un autocar sont:

- le monoxyde de carbone (CO)
- les oxydes d'azote (NO et NO_2)
- le dioxyde de soufre (SO_2)
- l'ozone (O_3)
- le gaz carbonique (CO_2)

A part l'ozone, tous les gaz ci-dessus sont aussi produits par la combustion de la cigarette.

Afin de garantir le maintien de la proportion adéquate d'oxygène dans l'air intérieur, il faut régulièrement ajouter de l'air frais, qui apporte oxygène et dilue les gaz polluants qui ont tendance à se concentrer dans un volume d'air enfermé: si dans une résidence, il suffit d'ouvrir une fenêtre, il faut autrement avoir recours à des dispositifs de ventilation plus perfectionnés.

La norme actuelle de ASHRAE exige un apport d'air frais de 5 cfm par personne occupant un espace intérieur.

Cette norme vise à garantir un changement d'air suffisant. Ceci ne dispense pas de vérifier aussi si l'oxygène est dans sa bonne proportion et que les gaz polluants restent limités aux valeurs admissibles.

Il faut remarquer ici que les occupants ne pourront bénéficier d'un renouvellement d'air acceptable que lorsque l'installation de distribution/recirculation aura été bien conçue.

3.2.1 L'oxygène (02)

L'oxygène représente normalement 20,9% du volume de l'air atmosphérique. Tout abaissement de la part de ce gaz par rapport à la normale implique l'asphyxie, à des degrés divers (voir tableau 2)

Part de l'oxygène en volume (%)	Symptôme ou phénomène
16 - 20	Pas de symptôme, air normal
12 - 16	Accélération de la respiration et du pouls. Coordination musculaire légèrement dérangée.
10 - 14	Conscience subsiste. Dérèglements émotionnels, fatigue, respiration déréglée.
6 - 10	Nausées et vomissements, inaptitude à bouger librement, perte de conscience possible. Possibilité d'étourdissement mais conscience des circonstances; inaptitude à bouger ou crier.
moins 6	Mouvements convulsifs, respiration haletante pouvant mener à la cessation de la respiration et du battement cardiaque.

Source: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd revised Edition Edité par Georges D. Clayton et Florence P. Clayton.

Tableau 2. Réponse de l'homme à diverses concentrations déficientes d'oxygène.

Il a été observé que l'on peut détecter indirectement le manque d'air frais (oxygène) lorsqu'on voit le niveau du gaz carbonique (CO2) augmenter au-delà de certaines limites (dépasser environ 700 ppm): les plaintes que l'on peut observer sont plus liées à un défaut d'oxygène (asphyxie) qu'à l'excédent de CO2 qui en tant que tel ne menacerait la santé qu'à partir de 5 000 à 50 000 ppm [WHO 1979, Henkin 1974].

Une théorie qui fut publicisée dès les années 60, associe l'assimilation optimale de l'oxygène par le sang à la présence d'une certaine concentration de ions négatifs et à un rapport "équilibré" des ions + et -. Comme la cabine de l'autocar est un milieu où l'on peut potentiellement s'attendre à un déficit chronique d'ions - (peu d'apport d'air frais, fumée, cage de métal), même avec un niveau d'oxygène adéquat, l'oxygénation du sang des passagers pourrait être rendue plus difficile et lente dans les autocars (voir chapitre 3.3 sur les ions).

3.2.2 Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, produit lors d'une combustion incomplète; c'est aussi un composant de la fumée de cigarette. Ainsi, on peut suspecter une contamination de CO dès la présence de fumeurs ainsi que par d'éventuelles infiltrations de sources extérieures: véhicule lui-même ou environnement pollué.

L'exposition au CO a été établie depuis longtemps comme un danger. Lorsque le CO est respiré, il entre dans le flot sanguin par les poumons en se combinant à l'hémoglobine, la substance qui normalement transporte l'oxygène vers les cellules du corps. Cette substitution entraîne que l'oxygénation diminue, ce qui implique aussi une réduction du volume sanguin pompé, ce qui réduit encore plus l'oxygénation. Les effets d'un excès de CO sur les malades du coeur sont particulièrement dangereux; il en est de même pour les malades souffrants de désordres respiratoires dont l'emphysème, qui sont sévèrement affectés par un excès de CO.

Les symptômes les plus connus d'une asphyxie au CO sont l'accélération cardiaque, le mal de tête, l'étourdissement, des sifflements d'oreilles ainsi que des nausées.

La loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique (Environnement-Canada) fixe les concentrations maximum souhaitables ou acceptables:

- sur 8 heures, maximum souhaitable de 0 à 5,2 ppm
  maximum acceptable de 5,2 à 13,1 ppm
  maximum tolérable de 13,1 à 19,1 ppm

- sur 1 heure, maximum souhaitable de 0 à 13,1 ppm
  maximum acceptable de 13,1 à 30,6 ppm

Si, dans un autocar, il faut se méfier des gaz d'échappement du véhicule (à l'arrêt, infiltrations), la production de CO dans la fumée de cigarette est aussi inquiétante.

Certaines recherches ont démontrées que 7 cigarettes fumées dans une heure suffisent pour créer un niveau de CO de 20 ppm, et cela même dans une pièce ventilée. Sur le siège voisin d'un fumeur, ce niveau peut atteindre 90 ppm soit 17,3 fois plus que le niveau désirable et 6,86 fois plus que le niveau acceptable [référence: American Lung Association].

B.M. Small (1983) a montré par une expérience que dans une chambre où sont fumées 6 cigarettes/heure, 4 changements d'air par heure étaient nécessaires pour limiter la concentration de CO à 5 ppm.

3.2.3 Oxyde d'azote (NO et NO2)

Le monoxyde et le dioxyde d'azote sont produits naturellement par l'action bactérienne; ils proviennent également de la combustion d'essence par les véhicules automobiles. Une autre source principale est la fumée de tabac.

Il ne semble pas que le monoxyde d'azote aux concentrations mesurées dans la nature entraîne des effets néfastes sur la santé; tout au plus, peut-on détecter son odeur désagréable dès une concentration de 0,12 ppm.

Par contre, le dioxyde d'azote, résultant de l'oxydation du monoxyde d'azote, a une toxicité reconnue, dès une concentration comprise entre 0,5 et 5 ppm (Waldbott 1973 cité in Small 1983).

Dans certaines conditions défavorables, 20 cigarettes fumées dans un volume fermé de 64 m3 (un autocar) peuvent amener une concentration de 0,5 ppm correspondant à l'un des seuils donnés plus haut.

Mis à part éventuellement la fumée de cigarette, on ne peut pas identifier d'autres sources d'oxydes d'azote susceptibles d'amener une concentration dangereuse de ces gaz. Tout au plus doit-on vérifier l'étanchéité du compartiment passager contre l'infiltration accidentelle de gaz d'échappement du moteur.

La loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique prescrit les concentrations maximales suivantes:

- moyenne sur une heure, concentration maximale acceptable de 0,22 ppm

- moyenne sur 24 heures, concentration maximale acceptable de 0,11 ppm

3.2.4 Anhydride sulfureux (SO2)

Le bioxyde de soufre est un gaz incolore et qui a une odeur détectable dès 0,5 - 0,8 ppm. Ce gaz provient de la combustion de carburant contenant du soufre. Ce contaminant constitue une menace pour la santé lorsque sa concentration dans l'air ambiant dépasse 0,1 ppm durant 24 heures.

La loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique, prescrit les concentrations maximales suivantes:

- moyenne sur une heure, concentration maximale acceptable de 0,18 à 0.35 ppm

- moyenne sur 24 heures: 0,06 à 0,12 ppm

3.2.5 Ozone (03)

L'ozone est de l'oxygène actif qui se réduit rapidement au contact de surfaces intérieures. Son odeur est détectable à un niveau de 0,05 à 0,2 ppm. L'ozone peut provenir d'un orage électrique, de lumière ultra violette, ou encore de l'infiltration de l'air extérieur pollué. Cette substance est aussi le produit combiné du soleil sur les oxydes d'azote et les composés organiques volatifs, émis dans l'atmosphère par diverses sources de pollution.

Le mauvais fonctionnement de précipitateurs de poussières électrostatiques peut être une source d'ozone dans des concentrations non tolérables.

L'ozone en excès peut irriter et assécher les muqueuses du système respiratoire et les yeux dès un niveau se situant entre 0,05 - 0,2 ppm.

La loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique, prescrit les concentrations maximales:

- pour 1 h, concentration maximale acceptable de 0,05 - 0,08 ppm

- pour 24 h, concentration maximale acceptable de 0,015 - 0,025 ppm

Dans des conditions normales, peu de circonstances sont capables de faire augmenter les concentrations d'ozone à un niveau inquiétant. L'utilisation du principe d'ozonation pour purifier l'air dans certains autocars, mérite pourtant que l'on vérifie le cas échéant si ce gaz n'est pas en excès.

3.2.6 Gaz carbonique (ou dioxyde de carbone, CO2)

Le gaz carbonique est un gaz incolore. Ses principales sources sont la respiration humaine, la fumée de tabac et les produits de combustion.

Il ne fait pas l'objet de réglementation par la loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique.

Deux organismes ont pourtant recommandé une limite à sa concentration:

OSHA, exposition pendant 8 h en milieu de travail, maximum de 5000 ppm
ASHRAE, exposition à l'intérieur, sans travail, maximum 2500 ppm

Même si le CO2 dans les concentrations ci-dessus, n'est pas toxique, une élévation de son taux dans l'air ambiant est le signe d'un appauvrissement en oxygène et de l'élévation du taux de gaz contaminants. Le niveau du CO2 dans l'air atmosphérique "propre" se situe autour de 330 à 400 ppm.

Le ministère du Travail de l'Ontario (Gyan S. Rajhans, 1983) a observé les conséquences de concentrations de CO2 bien inférieures à celles citées ci-dessus en milieu de bureau. Cet organisme recommande de limiter le taux de CO2 à une valeur inférieure à 600 ppm; il recommande même, lorsqu'un taux supérieur à 1000 ppm est observé, d'accroître immédiatement l'apport d'air frais pour faire baisser la concentration de CO2.

Le tableau suivant donne les conséquences observées de divers taux de CO2 (source Ontario Ministry of Labour):

Niveau (ppm)	Commentaires
moins de 600	Air frais
600 - 800	Plaintes occasionnelles surtout si la température est élévée
800 - 1000	Plaintes plus sérieuses
1000 et plus	Apport insuffisant d'air frais, plaintes générales

Même s'il faut être prudent avant d'appliquer les conclusions de cette étude (conditions de l'autocar comparée à une situation de bureau, bien différente), cette recherche met le doigt sur un facteur révélateur de la qualité générale de l'air dans l'autocar.

3.3 Les ions et l'équilibre des particules électriques dans l'air

C'est dès les années 60 que les recherches du Dr. Albert Krueger ont mis en évidence l'importance de l'existence d'un équilibre des ions libres dans l'air.

Ces observations, suivies de plusieurs autres dans le monde, ont contribué à proposer une théorie qui, même controversée, vaut la peine d'être exposée.

L'air atmosphérique ordinaire contient environ 1000 ions négatifs par cm3; normalement, les ions négatifs sont présents dans une proportion de 4 ions négatifs pour 5 ions positifs.

Des propriétés bienfaisantes sont attribuées à la présence de la bonne proportion de ions négatifs: ceux-ci facilitent l'assimilation de l'oxygène, améliorer la régulation du système nerveux central, végétatif et endocrinien, et grâce à l'accroissement de l'activité des cils vibratiles du système respiratoire, ont une action protectrice contre les poussières, les bactéries et la fumée.

Les recherches mentionnées démontrent que la pollution, les systèmes centraux de climatisation font diminuer jusqu'à des seuils inférieurs à 100 le taux de ions - par cm3. Cette réduction expliquerait une sensation de malaise ressenti par les individus placés en ces conditions.

Les recherches ont aussi montré la réduction particulière des ions - qui peuvent être observés dans les véhicules de transports, trains, autobus ou voitures; la climatisation centrale de ces "enceintes" métalliques serait la cause de cet apprauvissement de l'air en ces ions négatifs.

La présentation de la théorie des ions négatifs a pour but de mettre en évidence un des éléments important de la qualité de l'air, dans les autocars en particulier, où le bien-être du passager est fortement tributaire d'un approvisionnement suffisant en air frais; si celui-ci est traité par la climatisation, on doit éventuellement envisager d'apporter artificiellement (par un ioniseur) les ions négatifs que l'on fait disparaître durant le traitement.

3.4 Degré d'humidité relative et température

Même si cet élément de la qualité de l'air ambiant n'est pas normalisé, les autorités médicales s'accordent pour affirmer qu'un degré d'humidité relative de 50% pour une température légèrement supérieure à 20°C sont souhaitable pour garantir un certain confort; si aucune activité spéciale n'est menée, le confort et l'aisance ne sont pas affectés entre 30% et 80% d'humidité relative.

Au-dessus de 80%, spécialement si la température s'élève par rapport à la valeur donnée ci-dessus, la personne humaine vivra une situation de malaise, de moiteur. Cette situation ne semble pas devoir être crainte dans l'autocar l'été puisque la climatisation "assèche" l'air.

Par contre, lorsqu'en hiver, la climatisation réchauffe plusieurs fois (recirculation) un air venant de l'extérieur, donc déjà très sec, on peut éventuellement craindre les effets sur les passagers d'un air trop sec: assèchement des muqueuses et yeux, plus grande irritabilité à la fumée de tabac.

3.5 Principes de conditionnement d'air

Les paragraphes précédents décrivent ce qu'est un air de bonne qualité; les principes de conditionnement de l'air visent à garantir le maintien des qualités de l'air dont les passagers d'un autocar en particulier ont besoin pour respirer, pour se sentir à l'aise.

Enumérons les deux méthodes et appareils les plus couramment utilisés pour atteindre ces fins.

3.5.1 Apport d'air frais et extraction de l'air vicié

Ce moyen est le seul qui peut régulièrement reconstituer la juste proportion d'oxygène nécessaire à la respiration. Ce moyen garanti aussi l'élimination des gaz contaminants qui, sinon, augmenteraient en des concentrations inacceptables. Une partie des odeurs, celles de type gazeux, et une partie des poussières peuvent être aussi évacuées.

Les exigences d'économie énergétique sont en compétition avec l'objectif de maintenir un apport d'air frais le plus large possible.

3.5.2 Purification par filtration

L'efficacité de ce moyen dépend du type et de la maille la plus fine du filtre utilisé. Que le principe d'interception soit mécanique ou électrostatique, ce moyen n'a prise que sur les particules, les poussières; mais ce domaine est vaste puisqu'il recouvre également plusieurs aérosols ou des odeurs portées sur des goutelettes vaporisées.

Dès le moment où un système de conditionnement d'air recircule une partie importante de celui-ci, une filtration est quasi-indispensable pour intercepter les poussières amenées régulièrement dans l'espace traité.

CAMPAGNE DE MESURES , ANALYSES ET RÉSULTATS

4. CAMPAGNE DE MESURES, ANALYSES ET RÉSULTATS

La compréhension de la problématique, telle qu'exposée au chapitre 2, ainsi que la possibilité de se référer à ce que l'on définit comme un air acceptablement propre ont mis en évidence les lacunes potentielles de la qualité de l'air dans les autocars. Cela nous a amené à porter notre attention sur quelques contaminants.

Le présent chapitre décrit les mesures effectuées afin de quantifier et qualifier le niveau de qualité de l'air dans les autocars.

4.1 Choix des objets et concentrations mesurées

Nous avons porté notre attention sur la poussière. En effet, l'observation de l'intérieur des gaines de ventilation montre une accumulation importante de poussières: à cela rien d'étonnant puisque le fort débit de ventilation et l'inexistence actuelle d'une filtration des fines particules, contribuent à recirculer la poussière qui a tendance à se concentrer dans l'air. Un autre aspect de cette concentration est l'observation des parois et du tissu des sièges qui sont imprégnés de poussières et de nicotine, ce malgré les entretiens courants. On verra ci-dessous quelles mesures nous avons pu faire.

Nous avons aussi tenté de mesurer le niveau des gaz réputés toxiques. Le choix en est expliqué ci-après.

Nous avons enfin profité de prendre quelques mesures d'humidité relative.

La compréhension des phénomènes qu'a amené cette étude exploratoire, montre qu'il eut été intéressant de mesurer directement le % volume d'oxygène, ainsi que le niveau de concentration des ions négatifs: ceci n'a malheureusement pas été fait et pourrait l'être dans un approfondissement éventuel ultérieur de l'étude.

Il y a eu nette interaction entre nos objectifs de mesure et la facilité d'organisation de celle-ci. Voici quels étaient nos objectifs.

4.1.1 Poussières

Nous n'avions au départ aucune idée de la concentration de poussières que nous pouvions trouver. Nous cherchions donc à recueillir les poussières totales en suspension. Celles-ci sont généralement classées en:

- particules respirables les plus intéressantes pour nous, de diamètre inférieur à 10 microns (la fumée de tabac se situe dans ce groupe avec des particules de diamètre entre 0.01 et 1 microns);
- particules non respirables, d'un diamètre supérieur à 10 microns (Small 1983).

4.1.2 Gaz contaminants

Afin de déterminer les plages de concentration que nous allions couvrir par nos mesures, nous nous sommes basés sur celles généralement observées dans l'air intérieur de bâtiments (Small 1983).

Les gaz que nous avons choisis de mesurer sont:

- le monoxyde de carbone (CO), dans la gamme de 5 à 150 ppm
- le gaz carbonique (CO2), de 1000 à 12000 ppm
- l'anhydride sulfureux (SO2), de 0,1 à 3 ppm
- l'ozone (O3) de 0,05 à 1,4 ppm

En vérifiant le niveau de l'ozone, nous désirons nous assurer du bon fonctionnement des appareils Elcar 100, à bord de 20 autocars Prévost Marathon XL de Voyageur.

Notre intention de mesurer le bioxyde d'azote (NO2) s'est heurtée à l'inexistence de moyen de mesure simple pour la concentration usuellement rencontrée en air intérieur.

4.2 Choix des méthodes et équipements de mesures

4.2.1 Poussières

En faisant l'inventaire des méthodes possibles de mesure de la quantité de particules dans un volume d'air donné, nous nous sommes vite rendu compte que la méthode traditionnelle à grand volume (HVS High Volume Sample) était inapplicable: l'équipement est trop volumineux pour être embarqué à bord d'un autobus, et nécessite d'autre part une source de 110 V CA.

Nous nous sommes alors rabattus sur une méthode de mesure plus "légère" usuellement appliquée pour vérifier la concentration de poussières en milieu du travail.

Cette méthode consiste à recueillir sur un petit filtre de papier, la poussière de l'air. Une pompe Gilian à débit constant (1,5 l/min.) envoie l'air échantillonné à travers le filtre, inséré dans une capsule de plastique. La pesée du filtre avant/après détermine le poids de poussières recueillies, correspondant au volume d'air échantillonné (proportionnel au temps pendant lequel la pompe a fonctionné). Les pesées avant/après sont faites sur des capsules filtres séchées au four.

Le petit filtre de polyester recueille toute poussière d'un diamètre supérieur à 0,8 microns. C'est donc dire qu'il ramasse toutes les poussières non respirables et une partie seulement des particules respirables.

Ce n'est qu'à la fin de cette étude que nous avons appris l'existence d'un appareil électronique à lecture directe, mobile, et donnant les concentrations et diamètres des particules dans une gamme plus étendue que l'appareil que nous avons choisi et utilisé; l'appareil à lecture directe pourrait être utilisé dans un approfondissement éventuel de cette étude.

La précision de la mesure est tributaire de la pesée du papier filtre. Les balances de précision de laboratoire utilisées pour la pesée réagissent dès que le poids dépasse 0,05 mg; ainsi, toute pesée inférieure à ce seuil ne donne pas un résultat significatif.

Nous avons vu lors des mesures que l'instrumentation utilisée est à la limite inférieure de sa performance, spécialement lorsque l'on a utilisé un filtre pour une prise d'échantillon de deux heures seulement. Ceci a conduit à accumuler sur un même filtre plusieurs heures d'échantillonnage passées dans des voyages différents.

4.2.2 Gaz

A la recherche des moyens disponibles pour quantifier le teneur en divers gaz polluants de l'air intérieur de l'autocar, nous avons choisi les tubes réactifs Drager.

La raison de ce choix est que nous sommes plus intéressés par l'ordre de grandeur des concentrations qu'à une grande précision. L'intérêt pour une procédure de saisie facile, mobile, et aux résultats immédiats, a été décisif.

Cette méthode utilise une pompe manuelle au volume calibré, qui envoie de l'air à travers un tube réactif. Chaque tube de verre contient un mélange de granules sensibles à un certain gaz. C'est une mesure instantanée. Lorsqu'on pompe "X" coups, on fait passer une certaine quantité d'air à travers le tube réactif; la longueur de la coloration issue de la réaction détermine la teneur de ce gaz dans l'atmosphère échantillonné.

La précision de la mesure par tubes réactifs varie entre 25% et 35%, avec même dans certains cas, 50% (source: Guide de sélection des instruments de mesure, CSST).

4.2.3 Humidité relative et température

Un appareil à deux thermomètres permet de mesurer les températures sèches et humides, et de déduire immédiatement le degré d'humidité relative.

4.3 Procédures de saisie

Afin de garantir une certaine validité statistique, il est prévu d'effectuer une vingtaine de mesure sur chaque objet.

Ces mesures seront prises dans les autocars réguliers de Voyageur Colonial entre Montréal-Ottawa, et retour. Ce trajet est choisi parce qu'on y observe un remplissage régulier de chacun des voyages; ce choix permet aussi de prendre quatre mesures par jour des divers objets mesurés.

Pour les poussières, la pompe Gilian fonctionnera durant tout le voyage, envoyant ainsi sur le filtre un volume d'air d'environ 180 l (2h).

Les gaz seront mesurés après environ 2 heures de route, c'est-à-dire, juste avant l'arrivée de façon à échantillonner un certain "état d'équilibre" qui peut correspondre aussi à la concentration maximale des gaz polluants.

Concernant le cas particulier de l'ozone, la saisie de ce gaz sera faite dans un périmètre de 2 m du purificateur Elcar 100 dans les autocars Marathon XL.

La mesure de l'humidité relative n'a été décidée qu'après le début des mesures et n'a donc été faite que sur quelques voyages.

Il est prévu que la moitié des mesures seront prises dans des autocars MCI, l'autre moitié dans les autocars Prévost Marathon XL, dotés du purificateur Elcar 100.

4.4 Déroulement des mesures

Celles-ci ont eu lieu du 7 au 13 mars 1985. Un opérateur a accompagné chaque voyage pour s'occuper de faire fonctionner l'instrumentation. Certains ennuis au démarrage de la campagne de saisie ont limité à 17 plutôt qu'à 20 le nombre de voyages (mesures) effectués.

D'autre part il a fallu aussi s'ajuster au type de véhicules en service les jours de mesures: ainsi sur 17 voyages, 5 seulement ont été fait à bord d'autocars Prévost, alors que les 12 autres couvraient des autocars MCI.

Constatant au début des mesures que les filtres ne récupéraient que peu de poussière (observation visuelle de la salissure du filtre), il a été décidé d'accumuler sur un filtre plus d'un voyage (2 heures).

- 2 filtres ont récupéré chacun la poussière de 5 voyages
- 1 filtre, l'équivalent de 2 voyages
- 5 filtres, chacun un voyage

A titre de curiosité, un filtre a été installé pour saisir les particules de l'air ambiant des bureaux du CDT (édifice OACI, 25e étage).

Pour les gaz, la réalité des mesures a mené aux ajustements et résultats suivants:

- La saisie des niveaux de SO2 et d'O3 se sont avérés négatifs; l'instrument s'avérant insensible au niveau ambiant de ces gaz.

  Pour le SO2, la gamme de travail de l'instrument étant de 0.1 - 3 ppm, le résultat négatif indique que la concentration ambiante n'atteignait pas le seuil de réactivité soit 0.1 ppm.

  Pour l'ozone (O3), la gamme de travail de l'instrument était de 0.05 - 1.4 ppm; le niveau ambiant n'atteint pas le seuil de 0.05 ppm.

  C'est ainsi qu'au bout de 8 voyages, les mesures sur ces deux derniers gaz ont été abandonnées.

- Le monoxyde de carbone ne s'est montré qu'en traces, de l'ordre de, ou inférieur à 5 ppm, seuil de sensibilité de l'appareil (gamme de mesure 5 à 150 ppm).

- Le gaz carbonique (CO2) a fait virer les réactifs pour chaque mesure, bien que les niveaux atteints soient voisins du seuil de sensibilité de l'appareil (gamme de l'appareil: 1000 - 12000 ppm, correspond à 0,1 - 1,2 ppm).

- L'humidité relative a été mesurée lors de journées assez humides (degré d'humidité extérieur entre 68 et 100 %, température moyenne de 5 à 10°C).

L'opérateur s'occupant des mesures distribuait une carte d'information (figure 12) à chaque passager montant dans l'autocar; la carte invitait les passagers à commenter notre démarche de recherche sur l'amélioration de la qualité de l'air dans les autocars.

Il était demandé verbalement, lors de la distribution des cartes à chaque passager, s'il était fumeur ou non.

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES AUTOCARS

Chers passagers,

Pour votre confort, Voyageur et le Centre de développement des transports de Transports Canada étudient les moyens d'améliorer la qualité de l'air dans les autocars.

Les prélèvements que nous effectuons dans ce véhicule nous permettront de mieux définir les améliorations à apporter au système de climatisation.

Vos commentaires seront les bienvenus.

IMPROVED AIR QUALITY IN INTERCITY BUSES

Dear passenger:

For your comfort, Voyageur and Transport Canada's Transportation Development Centre are looking into ways to enhance the quality of air in intercity buses.

The air samples we are taking aboard this bus will help us define improvements to the air circulation system.

Your comments are welcome.

COMMENTAIRES-COMMENTS:

Transport Canada Transports Canada

Development Développement

Voyageur

Figure 12 - Carte d'information

4.5 Résultats et interprétation

4.5.1 Poussières

Le tableau 3 consigne les résultats des mesures de poussières

Numéro du filtre	Nombre de voyages	Type d'autocar	Nombre d'heures	Quantité (mg)	Concentration moyenne (mcg/m3)
1	5	MCI	10h05'	0,21	231,4
2	5	MCI	10h28'	0,21	222,9
*3	2	Mar. XL	4h07'	0,05	(135,0)
*4	à l'intérieur d'un bâtiment	---	6h07'	0,05	(90,8)
*A	1	MCI	1h50'	0,05	(303,0)
B	1	MCI	2h05'	0,07	373,3
*C	1	Mar. XL	2h15'	0,05	(246,9)
D	1	Mar. XL	2h00'	0,12	666,7
*E	1	Mar. XL	2h22'	0,05	(234,7)

* Résultat négatif

Tableau 3. Concentration des poussières mesurées.

Le tableau des résultats montre que nous avons retrouvé sur les filtres des poids de poussières variant entre des traces (poids inférieur à 0,05 mg) et un maximum de 0,21 mg. Si l'on rejette les mesures donnant des traces (inf. à 0,05 mg) comme non significatives, il nous reste les seules valeurs non dotées d'un astérisque, qui donnent des concentrations significatives variant entre 222,9 mcg et 666,7 mcg/m3.

La mesure prise à l'intérieur des bureaux du CDT donne un résultat négatif.

Quatre filtres donnent des valeurs significatives; ce sont les filtres n°1, 2, B et D.

Les filtres 1, 2 et B donnent des concentrations d'ordre de grandeur semblable (environ 200 à 400 mcg/m3), où pour les 2 premiers filtres, la concentration de poussière calculée est une moyenne entre 5 autocars MCI. Rien ne permet de dire que la concentration effective de poussière était également répartie sur les 5 autocars MCI. (filtres 1 et 2).

L'analyse des filtres B et D montre que pour un seul voyage on peut observer des concentrations assez fortes (respectivement 373,3 mcg et 666,7 mcg). On doit être pourtant très prudent avant de conclure à un phénomène général puisque l'on n'a ici que deux valeurs: l'échantillon est très faible; rien ne nous permet de rejeter l'hypothèse d'une erreur de mesure, d'une observation ou d'une cause fortuite très exceptionnelle.

On peut être surpris de ne pas trouver des concentrations de poussières plus fortes; il faut se rappeler que la méthode de mesure elle-même ne nous permet de ramasser que les particules plus grosses que 0,8 microns. Toutes celles de diamètre inférieur à cette valeur nous ont échappé. Nous n'avons ainsi capté qu'une faible part des particules respirables, de diamètre inférieur à 10 microns.

Relevons encore un point sur l'analyse des résultats: le filtre qui a donné la concentration la plus forte avait été placé pendant 2h dans un Marathon XL, véhicule qui paradoxalement est muni d'un purificateur [Elcar 100. On peut s'interroger sur l'efficacité de cet appareil; on peut aussi simplement rejeter la mesure comme insuffisamment solide statistiquement.

En conclusion:

- sur 9 filtres, seuls 4 donnent des résultats significatifs;
- 2 des 4 filtres donnent des concentrations accumulées sur 2 fois 5 voyages;
- les résultats significatifs (en partie des moyennes), varient entre des concentrations de 222,9 mcg et 666,7 mcg/m3;
- les résultats, du point de vue statistique, sont trop isolés et ne peuvent être utilisés comme preuve formelle d'une concentration moyenne dans les autocars;

- la présence de poussière, même en ne considérant que les grosses particules, a été démontrée dans certains cas;

- par rapport à la loi canadienne sur la pollution atmosphérique qui donne un plafond acceptable de 120 mcg/m3 (24h) les quelques valeurs significatives trouvées excèdent ce plafond;

- malgré une sensibilité insuffisante de nos instruments, on a réussit à mettre en évidence la présence occasionnelle de concentration de poussière assez importante (ordre de grandeur);

- ces concentrations ne menacent pas la santé des passagers de l'autocar qui ne sont exposés à ces concentrations que pendant un temps limité (par rapport à l'exposition 24h de la loi sur la pollution atmosphérique);

- les seules mesures significatives que nous avons recueillies, ne permettent pas de recommander pour ce seul motif l'installation de filtration; par ailleurs, les résultats des mesures peuvent être ajoutées à d'autres justification (la fumée) pour décider alors d'installer une filtration.

4.5.2 Gaz

Le tableau 4 consigne les concentrations de gaz et l'humidité relative mesurées

# de voyage		Nombre de passagers	% rempli (100%=47)	G A Z CO	CO_2	SO_2	O_3	Humidité relative
MCI	1	42	89%	0	0,17%	0(1)	0	-
	2	36	77%	trace < 5 ppm	0,12%	0	0	-
	6	47	100%	trace < 5 ppm	0,20%	0	0	-
	7	43	91%	trace < 5 ppm	0,12%	0	0	-
	10	37	79%	très petite trace	0,10%	-(2)	-	-
	11	43	91%	très petite trace	0,15%	-	-	-
	12	43	91%	petite trace	0,20%	-	-	60%
	13	45	96%	grosse trace	0,13%	-	-	55%
	14	21	45%	très petite trace	< 0,10%	-	-	50%
	15	47	100%	très petite trace	0,18%	-	-	62%
	16	47	100%	trace < 5 ppm	0,15%	-	-	56%
	17	47	100%	très petite trace	0,18%	-	-	45%
Prévost	3	47	100%	trace < 5 ppm	0,15%	0	0	-
Marathon	4	47	100%	trace < 5 ppm	0,14%	0	0	-
XL	5	47	100%	grosse trace	0,12%	0	0	-
	8	46	98%	trace	0,16%	0	0	-
	9	41	87%	trace	0,15%	-	-	-

(1) 0 signifie une quantité non mesurable (trop faible)
(2) - signifie qu'aucune mesure n'a été prise

Tableau 4 Concentration des gaz et humidité relative mesurés.

Nous avons vu au paragraphe 4.1.2 que pour des raisons pratiques d'instrumentation, nous nous sommes limité à la saisie des 4 gaz suivants: CO, CO2, SO2 et O3.

Monoxyde de carbone (CO)

Pour les 17 mesures les niveaux de concentrations rencontrés sont très faibles, inférieurs à 5 ppm, donc toujours inférieurs au seuil désirable (8h) de la loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique.

Les niveaux rencontrés variant entre des très petites et de grosses traces, ne sont donc pas pour nous inquiéter.

Dioxyde de carbone (CO2, gaz carbonique)

Les concentrations trouvées varient entre 0,10 et 0,19 %, soit entre 1 000 et 1 900 ppm. Ces concentrations non toxiques peuvent être néanmoins interprétées comme un éventuel déficit d'oxygène, à corriger par un apport d'air accru.

Anhydride sulfureux (SO2)

Mesuré sur une échelle de 0,1 à 3 ppm, ce gaz ne s'est pas manifesté même en traces. On se trouve donc en deçà des concentrations où il peut menacer la santé (0,06 à 0,12 ppm pendant 24 h). Il n'y a donc pas à s'inquiéter sur la présence de ce gaz.

Ozone (O3)

Mesuré sur une échelle de 0,05 à 1,4 ppm, ce gaz ne s'est pas non plus manifesté, même en traces. On se trouve donc en deçà des concentrations où il peut menacer la santé (0,05 - 0,08 ppm pendant 1 heure). Il n'y a donc pas à s'inquiéter sur la présence de ce gaz.

Cette conclusion est identique pour les véhicules Prévost Marathon XL, équipé d'un purificateur Elcar 100, générateur d'O3; le fonctionnement de cet appareil n'altère en rien la qualité de l'air de l'autocar.

Humidité relative

Les valeurs mesurées varient de 45% à 62%; celles-ci ont été prises par une température extérieure située entre 5°C et 10°C. Ces valeurs se présentent bien vis-à-vis la zone de confort située autour de 50%. Si la situation semble parfaitement acceptable, seules des mesures en hiver permettent de vérifier si la conclusion positive reste valable toute l'année (dessèchement de l'air par le chauffage en hiver).

4.5.3 Commentaires des passagers

Le tableau 5 consigne diverses statistiques ressortant des commentaires des passagers.

On constate que la proportion de fumeurs (150/720 passagers enquêtés) varie entre 10 et 34%, la moyenne étant de 21%; ceci corrobore un sondage fait par Voyageur en août 1983 (70 passagers enquêtés).

Relevons que l'échantillon de passagers enquêtés semble suffisant pour suggérer une inversion des parts des sections fumeurs et non-fumeurs de 2/3 - 1/3 respectivement à 1/3 - 2/3.

Nous avons noté que les passagers quels qu'ils soient préfèrent les places situées à l'avant de l'autocar. Comme la section non-fumeurs était jusqu'à peu toujours située à l'avant, l'introduction de la section non-fumeurs à l'arrière sur les nouveaux Prévost Marathon XL (20 véh.) et MCI - 9 (5 véh.), (sur la flotte Voyageur de 350 véhicules environ) contribue à confondre les passagers non-fumeurs, mais informés; ceux-ci se sentent frustrés d'être à l'arrière ou encore ne comprennent pas qu'ils subissent la fumée de voisins lorsqu'ils prennent place par habitude à l'avant. Il faudrait expliquer aux passagers la raison de l'inversion des sections fumeurs et non-fumeurs.

TYPE DE BUS No VOYAGE	PARTIC.	PASS.	FUM.	% FUM.	CARTE RET.	%C.RET.	FUMEE PROBLEME	SATISF.
MCI 1		42	12	28,57%	7	16,67%	6	1
2		36	6	16,67%	0	0,00%	-	
6		47	12	25,53%	2	4,26%	1	
7		43	6	13,95%	3	6,98%	3	
10		37	11	29,73%	2	5,41%	1	1
11	ECFUMAV	43	2	4,65%	6	13,95%	3	
12		43	11	25,58%	3	6,98%	3	
13		45	15	33,33%	5	11,11%	4	
14		21	2	9,52%	2	9,52%	2	
15		47	9	19,15%	4	8,51%	4	
16		47	15	31,91%	5	10,64%	4	
17	ECFUMAV	41	6	14,63%	8	19,51%	7	
PXL 3	ECFUMAV	47	11	23,40%	4	8,51%	3	1
4	ECFUMAV	47	11	23,40%	8	17,02%	8	1
5	ECFUMAV	47	5	10,64%	7	14,89%	6	1
8	ECFUMAV	46	10	21,74%	9	19,57%	7	2
9	ECFUMAV	41	6	14,63%	4	9,76%	4	
TOTAL:		720	150	20,83%	79	10,97%	60	7

Tableau 5. Analyse des commentaires des passagers.

Mesures et commentaires recueillis du 7 au 13 mars 1985

MCI: autocar MCI
PXL: autocar Prévost Marathon XL
ECFUMAV: écran séparant non-fumeurs des fumeurs à l'avant du véhicule
PASS.: Passagers
FUM.: Fumeurs
CARTE RET.: Cartes retournées avec commentaires
FUMEE PROBLEME: Interprétation des commentaires laissant paraître que la fumée est un problème dans les autocars
SATISF.: Passagers ayant indiqué qu'ils sont satisfaits du confort de leur voyage

Nous avons tenté d'interpréter les commentaires reçus en faisant ressortir si la personne fournissant un commentaire, identifiait ou non la fumée comme un problème important dans l'autocar. Sans qu'il soit raisonnable de tirer une proportion moyenne des personnes sensibles à ce problème, l'examen relatif des colonnes "cartes reçues" et "fumée problème" du tableau 5 confirme clairement notre hypothèse. Il faut noter qu'il y a une bonne probabilité que la population sensible à la fumée ait retournée les cartes avec commentaires dans une plus grande proportion que la population fumeuse, peut-être inhibée à commenter notre recherche.

Nous avons aussi tenté de discerner à travers les commentaires les témoignages de nette satisfaction des passagers, liés au confort en général, et aux efforts mis en oeuvre pour une meilleure qualité d'air. Malgré le très faible échantillon relatif, on peut noter la satisfaction particulière des passagers ayant voyagés dans les nouveaux autocars Marathon XL; l'effet véhicule neuf est sûrement aussi valorisé que l'existence d'un air purifié, qui n'a pas été mis en évidence particulière par les passagers.

Livrons en vrac quelques commentaires et suggestions supplémentaires reçus des passagers (certains non directement relatifs à la qualité de l'air):

- fournir des écouteurs stéréo;
- fournir des magazines;
- remarque que les lampes sont trop faibles pour lire;
- d'accroître l'espace disponible par personne;
- faire respecter l'interdiction de fumer dans la section non-fumeurs;
- prise de conscience générale par les non-fumeurs de leur droit, à ne pas devoir subir la fumée des autres;
- plusieurs fumeurs se déclarent favorables à l'interdiction de toute fumée dans les autocars;
- les passagers du Marathon XL semblent reconnaître bénéficier d'un air "plus frais" (coïncidence?, fraicheur de température?);
- mieux indiquer la section non-fumeurs dans les Marathon XL;
- un seul passager a indiqué son intention de cesser d'être client de l'autocar si toute fumée était bannie de celui-ci.

5.

ÉQUIPEMENTS , MÉTHODES ET STRATÉGIE D'AMÉLIORATION

5. ÉQUIPEMENTS, MÉTHODES ET STRATÉGIE D'AMÉLIORATION

Nous passerons en revue dans ce chapitre les divers moyens à disposition pour améliorer la qualité de l'air, et de façon plus générale le confort du passager. Ainsi nous ferons le point sur l'hypothèse d'interdire la fumée dans les autocars, sur les diverses méthodes de purification. On examinera les interventions dans lesquelles Voyageur s'est déjà impliqué à la recherche d'améliorations, à savoir l'installation des ozonateurs Elcar 100 et l'étude du CRIQ. On débouchera finalement sur l'énoncé d'une stratégie globale d'amélioration.

5.1 Interdiction de fumer

La fumée de tabac est l'une des sources de pollution les plus importantes de l'air intérieur d'un autocar. On peut dire que l'interdiction de fumer dans les autocars est la première stratégie d'amélioration qui vient à l'esprit.

La prise de conscience des menaces pour la santé que représente l'inhalation de la fumée de tabac, résultat des campagnes d'information des services de santé nationaux dès les années 60, aboutit aujourd'hui à des revendications de plus en plus forte des non-fumeurs pour que ceux-ci n'aient pas à subir "la fumée des autres". Nos mesures ont démontré que l'on peut ne s'appuyer sur la concentration de gaz toxiques consécutive à la fumée de tabac produite dans un autocar pour justifier une interdiction. Même si l'on peut trouver des concentrations significatives en poussières potentiellement cancérigène dans la fumée de tabac à bord d'un autocar, l'exposition de courte durée (voyages occasionnels, et inférieur la plus part du temps à 6 h, généralement de 1 - 3h) dissipe les craintes que l'on peut avoir que l'air d'un autocar pollué par la fumée représente une atteinte à la santé des passagers; quant au chauffeur, c'est un problème d'hygiène en milieu de travail à traiter séparément; la climatisation du poste de travail du chauffeur lui est de toutes façons particulière.

Un dernier argument en faveur de la prohibition de fumer concerne l'odeur de la fumée et sa propension à encrasser les sièges et la cabine de l'autocar en général; les résidus incrustés sont difficiles à déloger par nettoyage, et émettent continuellement une odeur désagréable.

Quelques exemples puisés dans l'industrie du transport illustrent la tendance générale à bannir la fumée de tabac des véhicules de transport public:

- dans les autobus urbains, fumer est pratiquement partout interdit;
- plusieurs compagnies d'autocars au Canada interdisent la fumée principalement pour les trajets courts;
- plusieurs petites compagnies aériennes du Canada interdisent la fumée;

- toutes les compagnies aériennes ont adapté la proportion des sièges non-fumeurs à la réalité de la population, soit de 65-70% de la population totale;

- il y a quelques années, un règlement a failli être adopté aux Etats-Unis pour interdire la fumée à bord des avions des compagnies aériennes, pour tout vol d'une durée inférieure à 2h; malgré sa non-adoption, certaines compagnies aérienne appliquent cette règle de leur propre chef;

- l'administration américaine de l'air commandite présentement (1985) une étude de 500 000 $ effectuée par l'Académie Nationale des Sciences, sur la qualité de l'air dans les avions commerciaux.

L'idée d'interdire la fumée à bord des autobus se heurte à la crainte de l'industrie des transporteurs, qui est très réticente à risquer de perdre une partie de sa clientèle fumeuse; notons que si perte il y a, il faut envisager aussi le gain d'une clientèle nouvelle, attisée par la certitude de ne pas être ennuyée par la fumée.

Seule une étude de marché permettrait de déterminer dans quelle mesure la perte de certains clients fumeurs pourrait être compensée par de nouveaux clients.

L'interdiction de fumer est une mesure certainement très favorable à l'amélioration de la qualité de l'air de l'autocar, sans nécessairement que celle-ci résolve tous les problèmes.

Dans cet ordre d'idée toute procédure visant à mieux faire respecter la non-fumée dans la section pour non-fumeurs devrait être introduite sans délai et devrait procurer une amélioration peu coûteuse pour augmenter le confort des passagers.

5.2 Filtration

On distingue trois principes de filtration:

- la filtration mécanique passive

- la filtration active qui fonctionne en chargeant électriquement les particules que l'on capte ensuite sur un matériau filtrant

- la filtration au charbon de bois activé, faisant intervenir une attirance chimique pour certains polluants (gaz).

5.2.1 Filtration mécanique passive

Tous les autocars sont équipés d'un filtre mécanique fait de paille métallique. La maille est large et le filtre n'arrive qu'à capter les grosses particules du type cheveux ou terre. Ces filtres sont lavés à l'essence tous les 240 000 kilomètres environ. Les filtres passifs sont largement utilisés dans les installations de conditionnement d'air domestiques (fournaises) ou industrielles (climatisation). Normalement la pression d'air à appliquer est faible et augmente au fur et à mesure que le filtre se bouche de saleté: l'élément filtrant doit alors être changé pour un propre.

C'est ce principe de filtration qui est utilisé pour les filtres Hepa (domaine médical), qui par la succession de cartouche à mailles extrêmement fines donne alors une excellente efficacité. Cela implique que l'air doit être forcé à travers le filtre: cette pression limite alors le débit et devient coûteuse en énergie (pression).

Ce type de filtration même si bon marché pour applications non médicales, a l'inconvénient de son encombrement important; de plus il ne travaille pas à la pression statique pour peu qu'on veuille une captation des petites particules. Ce principe de filtration n'est pas retenu comme acceptable pour capter les poussières fines de l'air intérieur de l'autocar.

5.2.2 Filtration active électronique

La filtration électrostatique est maintenant largement répandue, principalement dans les installations de fournaises domestiques. Le qualificatif d'électronique provient du dispositif qui élève le courant secteur à environ 7 000 - 10 000 V. A ce moment, n'importe quel conducteur soumis à cette tension agit comme un dipôle electrostatique avec toute particule se trouvant à proximité. Cette activité électrique est utilisée pour capter la particule. Un des grands avantages de la filtration électrostatique est sa capacité de charger et capter les particules aussi petites que 0,01 microns (fumée 0,01 - 1 micron, particules respirables inférieures à 10 microns.) Nous nous contenterons de mentionner trois systèmes existants:

- le filtre à fils chargés et plaques collectrices. C'est le modèle le plus courant; plusieurs manufacturiers (Honeywell, etc..), fabriquent les cellules, cadres d'aluminium contenant fils et collecteurs. Ces filtres ont une bonne efficacité. Ils doivent être lavés périodiquement. Ils fonctionnent à la pression statique: pas de restriction à l'écoulement de l'air. C'est ce type de filtre que recommandait le rapport du CRIQ. Il devrait être placé en série dans le circuit de ventilation proche du groupe de ventilateurs.

  La taille des cellules oblige à modifier les gaines de raccordement à la climatisation. Ce système exige une puissance électrique non négligeable (30 - 50 watts). Le travail de démontage et remontage des cellules pour leur nettoyage, et leur insertion dans un environnement de faible dimension sont des handicaps pour ce système.

- le filtre à fibres collectrices polarisées. Les particules neutres sont envoyées par le courant de ventilation à travers une cartouche de filtre en fibres de verre, mise sous tension de 7 000 V. Les particules sont alors attirées et se collent au filtre. Il y a effet d'enchainement puisqu'à mesure que les particules s'agglutinent au filtre, la surface captatrice augmente, d'où augmentation de l'efficacité. Le système fonctionne par une alimentation électrique à basse tension (9 V). Ce système de conception récente (1983) a été présenté par le manufacturier Dynamic.

L'appareillage placé dans une atmosphère de fumée a capté celle-ci très rapidement. Autant pour son volume réduit que pour son coût raisonnable (ordre de grandeur 500 $), ce système semble un excellent candidat à une filtration fine dans l'autocar. Ce système devrait aussi être installé en série dans le système de ventilation; mais son insertion parait plus facile. Il est à vérifier si ce filtre ne pourrait pas être simplement inséré en lieu et place du filtre grossier à paille métallique. Les cartouches filtrantes en fibres de verre, d'un coût réduit (env. 5 $), ne pourraient être remplacées que 6 fois par an.

- les filtres à ionisation. Ce principe est celui de plusieurs purificateurs domestiques. Une pointe soumise à haute tension émet des ions positifs ou négatifs, qui vont charger les particules. L'effet est augmenté lorsqu'un ventilateur fait passer l 'air à proximité de la pointe. Il n'y a filtration que lorsque le courant d'air est envoyé sur un capteur passif ou actif où les particules vont alors se coller. Si non, les particules sortent du circuit ventilation et vont souiller murs, fenêtres et mobilier.

L'appareil Elcar 100 monté à bord de 20 autocars Prévost Marathon SL fonctionne sur le principe d'ozonation (ions positifs). Cet appareil n'a pas de capteur, et ainsi les particules ionisées vont se déposer dans l'environnement de l'appareil.

L'appareil BIONAIRE (domestique) fonctionne sur le principe d'ionisation négative; cet appareil est muni d'un capteur passif.

Au niveau des priorités d'assainissement d'air et de confort, le rééquilibrage des ions négatifs dans l'autocar est secondaire par rapport aux autres exigeances plus impérieuses telles la garantie d'un air air équilibré (gaz) et l'élimination des poussièrs. C'est la raison pour laquelle nous n'approfondirons pas sur la ionisation négative.

5.3 Accroissement de l'apport d'air frais

Un aspect important des mesures de polluants exécutées dans les autocars est la mise en évidence chiffrée de concentration de CO2, signe d'un déficit d'Oxygène. Même si les valeurs trouvées sont loin d'être critiques, ceci indique une voie pour améliorer la qualité de l'air.

5.3.1 Possibilité de doubler l'apport d'air frais dans l'autocar

Accroître la part d'air frais (propre) circulant dans la ventilation peut être réalisé pendant presque toute l'année sans augmenter la puissance installée de chauffage ou réfrigération.

En cela on rejoint les conclusions de l'étude du CRIQ, qui recommandait en outre un système de gestion de l'énergie.

Selon l'étude de bilan énergétique du CRIQ pour l'autocar MC-9, lors de conditions normales dans l'année (excluant 16 jours les plus froids, et 10 jours les plus chauds), le système de chauffage et de réfrigération n'est utilisé qu'au 65% et 60% respectivement de sa capacité nominale. Pour ces jours "normaux", la capacité rémanente pourrait être utilisée pour réchauffer ou refroidir un apport d'air frais accru. La dispersion de la chaleur ou du froid ne se fait pas uniquement par rejet d'air conditionné à l'atmosphère suite à l'admission de 20% d'air frais extérieur; une partie de l'énergie de climatisation se perd en radiation à travers parois, fenêtre, plancher et toit de l'autocar.

Ainsi pour les journées "normales", 340 sur 365 sur l'année, il est possible de carrément doubler l'apport d'air frais extérieur sans augmenter la capacité de la climatisation.

Pour le chauffage, l'eau de refroidissement du moteur est toujours disponible en suffisance; aucun chauffage d'appoint ne serait nécessaire et le bilan énergétique n'est pas touché.

Pour la réfrigération, une demande accrue de refroidissement impliquerait que le compresseur reste connecté au moteur plus longtemps; pour les compresseurs récents, le système de régulation maintiendrait aussi en service pendant plus longtemps une plus grande partie des 6 cylindres (non ouverture des valves de décharge). Cet usage intensifié du compresseur devrait se répercuter sur le bilan énergétique par un accroissement de la consommation de carburant qui devrait être calculé.

La possibilité de doubler l'apport d'air frais dans l'autocar pendant la majorité des jours de l'année, sans augmenter la capacité du groupe chauffage-réfrigération, répond à un souci d'optimiser l'usage de ceux-ci. Il suffirait lors des jours les plus froids ou les plus chauds de fermer les nouvelles prises d'admission; pendant ces quelques journées seulement on devrait supporter un air ambiant dans la cabine de moins bonne qualité que le reste de l'année, qualité correspondante à celle vécue actuellement sans inconvénient majeur.

L'admission d'environ 40% d'air frais sur le débit total de ventilation de l'autocar pourrait se faire en augmentant la surface des prises d'air extérieur ainsi que de la (des) gaine(s) vers le groupe de climatisation. Le débit nominal des ventilateurs de recirculation n'a pas besoin d'être modifié. Il faudrait également accroître la surface des bouches d'évacuation.

On devrait profiter de l'existence des études aérodynamiques faites lors du développement des nouveaux modèles d'autocars pour localiser les prises d'air (pression positive sur la paroi) et les bouches d'évacuation (pression négative sur la paroi de l'autocar).

5.3.2 Gain de qualité par apport d'air frais accru

Le bénéfice attendu est surtout relatif à la composition de l'air intérieur et à la part qu'y tiennent les divers gaz. C'est une mesure qui permettrait simultanément de diluer tous les gaz polluants en rétablissant une meilleure concentration d'oxygène.

Pour les poussières et particules une certaine dilution et évacuation aura lieu, même si l'on soupçonne que celles-ci vont rester s'accumuler dans l'air recirculé, se déposer dans la cabine et les gaines de la climatisation de par leur poids.

5.4 Ozonateurs

Suite à l'expérience concluante de Yvan le gobe-fumée, Voyageur équipa 20 autocars Prévost XL d'ozonateurs Elcar 100. Même si l'effet purificteur de cet appareil n'est pas contesté, la conséquence d'utiliser l'ionization positive sans captation présente l'inconvénient majeur que les particules de fumée et de poussière se déposent de façon accélérée à l'intérieur de l'autocar. Ce procédé de purification a déjà été mentionné au paragraphe 5.2.2 et il est recommandé de ne pas poursuivre dans cette voie.

5.5 Connaissance de l'aérodynamique intérieure de l'autocar

L'expérimentation de la pose d'écrans de plexiglass pour séparer les compartiements fumeurs et non-fumeurs dans l'autocar a cherché à couper pour le non-fumeur la nuisance de la fumée. On n'est pas persuadé que cette séparation physique n'ait eu plus qu'un effet psychologique sur la clientèle des passagers.

Le problème de l'aérodynamique intérieure en est un bien complexe. On suspecte que l'air recirculé par le système de ventilation n'atteigne pas également chaque point dans l'autocar; on aurait ainsi des zones à vélocité nulle, jamais atteintes par l'air raffraichi de la climatisation; on suspecte aussi que l'air distribué le long des fenêtres s'en aille par le plus court chemin vers les prises de recirculation, évitant ainsi de se diffuser vers les têtes des passagers.

Une étude d'aérodynamique intérieure qui suivrait les filets d'air devrait vérifier si ces soupçons correspondent à la réalité; si oui des corrections physiques pourraient être apportées.

5.6 Stratégie double: plus d'air frais et filtration

Nous avons vu dans les paragraphes de ce chapitre les diverses interventions possibles pour une amélioration de la qualité d'air. Le diagnostic a aussi montré que l'on a affaire à deux phénomènes assez distincts. Ainsi il est présenté ici une stratégie d'intervention double: accroître l'air frais et filtrer.

Le seul apport accru d'air frais ne peut pas éliminer le problème de la fumée:

- pour les passagers non-fumeurs, l'odeur directe désagréable persistera même si atténuée;

- les poussières de fumée et autres continueront à circuler dans le circuit de ventilation, et s'incrusteront aux sièges.

La seule filtration ne résoud en rien le problème mesuré du renouvellement d'air insuffisant.

Apport d'air frais et filtration apparaissent dès lors uniquement comme concurrent sur la priorité à donner à l'un ou l'autre lors de l'implantation, alors qu'ils apparaissent comme deux correctifs complémentaires également nécessaires.

Il est très tentant de privilégier la filtration puisque celle-ci amènera des résultats très visibles: disparition de l'atmosphère enfumée, disparition de l'odeur désagréable, la fumée n'imprègnera plus les sièges.

C'est pourtant vers l'accroissement d'air frais qu'il semble falloir s'orienter en priorité, même si les améliorations qu'il entraine sont moins visibles: la suppression attendue de l'impression d'oppression, et de l'effet endormeur dans l'autocar semblent justifier cette priorité.

SOLUTIONS POSSIBLES ET EXPÉRIMENTATION

6. SOLUTIONS POSSIBLES ET EXPÉRIMENTATION

Parmi les solutions possibles nous avons envisagé, pour la filtration, l'utilisation d'unités domestiques utilisées généralement pour purifier l'air des résidences; cette solution est mise de côté au profit d'une filtration centrale placée en série sur le circuit de ventilation. Il n'est pas nécessaire que le volume complet de l'air recirculé passe à travers le filtre: une déviation d'un débit partiel pourrait quand même donner une bonne filtration compte tenu de la grande fréquence de circulation (environ une fois par minute).

Les conclusions auxquelles nous amène la présente recherche portent sur des modifications au système de ventilation et sur l'équipement de nouveaux filtres. Cela représente donc un coût d'investissement, qui se multiplie par le nombre d'unités d'un transporteur, soit 350 chez Voyageur Inc. par exemple.

C'est précisément ce coût qui rebuta Voyageur à implanter les recommandations du CRIQ.

Notre étude complète celle du CRIQ en fournissant des mesures sur la problématique appréhendée. Les conclusions du CRIQ sont donc confirmées. Il semble donc venu le temps pour Voyageur de reprendre contact avec le CRIQ pour penser à une phase expérimentale, selon la stratégie globale présentée ci-dessus.

On ne pourra penser à la modification de toute la flotte que lorsqu'on aura pu vérifier les retombées des nouveaux dispositifs mis en place.

RECOMMANDATIONS

7. RECOMMANDATIONS

7.1 Autocars existants

Il est proposé que Voyageur avec l'appui du CRIQ conçoive et construise les modifications nécessaires aux prises d'air, évacuations et gaines afin d'accroître jusqu'à 40% l'apport d'air frais dans la ventilation des autocars. Ces modifications se feraient dans un premier temps sur un seul véhicule, soumis ensuite à vérification en service commercial.

Il est proposé que Voyageur avec l'appui du CRIQ conçoive et installe dans le circuit de ventilation un système de filtration électrostatique à fibres collectrices polarisées (type Dynamic). Cet ajout se ferait sur le même véhicule que ci-dessus et le système mis en place serait aussi mis à l'épreuve en service sur la route.

7.2 Construction d'autocars neufs

Il est proposé que les résultats de cette étude soient soumis aux deux principaux manufacturiers canadiens d'autocars (Prévost, MCI), afin qu'ils puissent en tenir compte dans la conception des autocars de modèles en production comme pour le développement de nouveaux véhicules.

7.3 Recherches

Il est proposé que le CDT fournisse son assistance par voie de subvention à la recherche pour observer et évaluer les améliorations obtenues dans le véhicule expérimental.

Il est proposé que le CDT s'implique dans une nouvelle voie de recherche sur l'aérodynamique intérieure des véhicules de transport public, dont les autocars.

CA1
DTC849
85
A56
C.2

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
JAN 24 1986
Transport Canada / Transports Canada

BIBLIOGRAPHIE CHOISIE

a) Ouvrages de base

- Small Bruce "Indoor air pollution and Housing Technology" for Planning Division, Policy Development and Research Sector, Canada Mortgage and Housing Corporation, August 1983.

- Rajhans Gyan S. "Indoor Air quality and CO2 Levels". Occupational Health in Ontario. vol. 4 # 4, October 1983.

- "Health Aspects related to Indoor Air Quality. Report on a WHO Working Group". Euro Reports and Studies 21. WHO Copenhagen 1979.

- Krueger Albert "Are negative ions good for you? "New Scientist, 14 June 1973.

- American Lung Association "Second Hand Smoke".

b) Règlementation

- "La loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique Compilation des règlements et lignes directrices". Environnement Canada - Service de la protection de l'environnement. Avril 1981.

- "Règlement sur la qualité du milieu de travail". Doc. S-2.1, r.15. Editeur officiel du Québec. 21 septembre 1982

c) Produits pour la filtration

- Documentation BIONAIRE

- Documentation ELCAR 100

- "Applications et principes pour le filtre Dynamic". Centre d'information d'air Inc.

d) Travaux entrepris précédemment par Voyageur Inc.

- "Sondage pour l'autobus expérimental Yvan le Gobe-fumée" Evaluation de l'Elcar 100 par la clientèle. Voyageur Inc., 10 août 1983.

- Centre de Recherche Industrielle du Québec (CRIQ), "Instrumentation/Contrôle Fumée, Dossier CRIQ 6-2700, Rapport technique ELC-84-082, Juin 1982